

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут прикладного системного аналізу
Кафедра математичних методів системного аналізу**

До захисту допущено
В. о. завідувача кафедри
_____ О.Л. Тимощук
«___» _____ 2020 р.

Дипломна робота

**на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Системний аналіз і управління»
спеціальності 124 «Системний аналіз»**

**на тему: «Система підтримки прийняття рішень в задачах
прогнозування цін на вільному ринку методами технічного аналізу»**

Виконав:

студент IV курсу, групи КА-63
Яремчук Даниїл Євгенович _____

Керівник:

в.о. завідувача кафедри ММСА ІПСА
КПІ ім. Ігоря Сікорського к.т.н., доц.
Тимощук Оксана Леонідівна _____

Консультант з економічного розділу:

доцент, к.е.н., доцент кафедри ТТРЕ
Шевчук Олена Анатоліївна _____

Консультант з нормоконтролю:

доцент, к.т.н., доцент кафедри ММСА
Коваленко Анатолій Єпіфанович _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут прикладного системного аналізу

Кафедра математичних методів системного аналізу

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 124 «Системний аналіз»

Освітньо-професійна програма «Системний аналіз і управління»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Оксана ТИМОЩУК

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Яремчуку Даниїлу Євгеновичу

1. Тема роботи «Система підтримки прийняття рішень в задачах прогнозування цін на вільному ринку методами технічного аналізу», керівник роботи Тимощук Оксана Леонідівна в.о. завідувача кафедри ММСА ІПСА КПІ ім. Ігоря Сікорського к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «25» травня 2020 р. № 1143-с

2. Термін подання студентом роботи 08 травня 2020 року _____

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст роботи

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо)

6. Консультанти розділів роботи*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний	Шевчук Олена Анатоліївна, доцент		

7. Дата видачі завдання _____

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломної роботи.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка

Студент

Даниїл ЯРЕМЧУК

Керівник

Оксана ТИМОЩУК

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 125 с., 42 рис., 14 табл., 2 додатки, 12 джерел.

КОВЗНЕ СЕРЕДНЄ, ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ, ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН, ПЕРСЕПТРОН, ПРИБУТОК, ТРЕНД, ІНДИКАТОРИ.

Об'єкт дослідження – дані, ціна акцій компанії «Google» у доларах з 2004 по 2020 роки.

Предмет дослідження – індикатори технічного аналізу MACD та RSI, їх комбінації за допомогою розроблених методів на основі принципів роботи персептрону та логістичної функції.

Мета роботи – розробити систему підтримки прийняття рішень для допомоги особі прийняття рішень у прогнозуванні цін акцій на фондовому ринку для отримання прибутку.

Актуальність – передбачення цін на ринку акцій та вироблення методів прийняття рішень для подальшого інвестування.

Реалізовано роботу індикаторів, розроблено два методи, проведено ряд експериментів та виконано аналіз їх результатів. Досліджено вплив коефіцієнтів індикаторів на якість прогнозу.

Шляхи подальшого розвитку предмету дослідження – застосування нейронних мереж для пошуку оптимальних вагових коефіцієнтів для розроблених методів.

ABSTRACT

Diploma work: 125 p., 42 fig., 14 tabl., 2 appendixes, 12 sources.

SLIDING AVERAGE, DECISION MAKING, TECHNICAL ANALYSIS, PRICE FORECASTING, PERSEPTRON, PROFIT, TREND, INDICATORS.

The theme: Decision support system used for forecasting price tasks by means of technical analysis methods in a free market.

The object of study - data, the stocks prices of "Google" in dollars from 2004 to 2020.

The subject of research - indicators of technical analysis of MACD and RSI, their combinations using the developed methods based on the operation principles of the perceptron and logistics function.

Purpose - develop a decision support system to help the decision maker in forecasting stock prices in the stock market for profit.

Actuality - predicting stock market prices and developing methods of decision-making for further investment.

The work of indicators were implemented, two methods were developed, a number of experiments were carried out and the analysis of their results was performed. The influence of indicator coefficients on the quality of the forecast was investigated.

Ways of further development of the subject of research - the use of neural networks to find the optimal weights for the developed methods.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ВИБРАНИХ ПРОЦЕСІВ (ОБ'ЄКТІВ) ТА ЇХ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ, АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Основні поняття та визначення	10
1.1.1 Аналіз умов функціонування вільного ринку	11
1.2 Історія виникнення і розвитку технічного аналізу	12
1.3 Постулати технічного аналізу	14
1.4 Теорія Доу як початок технічного аналізу	14
1.5 Закони технічного аналізу Дж. Мерфі	16
1.6 Аналіз та класифікація основних методів технічного аналізу	17
1.7 Актуальність технічного аналізу в умовах нестабільності економік світу	20
1.8 Постановка задачі	20
1.9 Висновки з розділу 1	21
РОЗДІЛ 2 ВИБІР І ОПИС МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІНАНСОВОГО РИНКУ	23
2.1 Ковзне середнє	23
2.1.1 Експоненційна ковзна середня, її період, порядок, дисперсія та точки перетину	24
2.3 Індикатор MACD	32
2.4 Індикатор RSI	36
2.5 Вагові функції, нейронні мережі для підтримки прийняття рішень	39
2.6 Висновки до розділу 2	41
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ, РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА АНАЛІЗ ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	43

3.1 Реалізація індикатору MACD для підтримки прийняття рішень, його варіації та аналіз результатів.....	43
3.1.1 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою індикатору MACD під час економічної кризи.....	45
3.1.2 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою індикатору MACD в час стабільної економіки	52
3.2 Реалізація індикатору RSI для підтримки прийняття рішень, його варіації та аналіз результатів	56
3.2.1 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою індикатору RSI під час кризи	58
3.2.2 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою індикатору RSI в час стабільної економіки	62
3.3 Реалізація власних методів комбінації індикаторів MACD та RSI для підтримки прийняття рішень, їх варіації та аналіз результатів.....	66
3.3.1 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою розробленого методу 1.....	67
3.3.2 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою розробленого методу 2.....	75
3.4 Висновки з розділу 3	83
РОЗДІЛ 4 ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ.....	84
4.1 Постановка завдання програмного продукту	84
4.2..... Обґрунтування функцій програмного продукту	84
4.3 Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій	91
4.4 Економічний аналіз варіантів розробки ПП	92
4.5 Висновки до розділу 4.....	96
ВИСНОВКИ	97

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	98
ДОДАТОК А ТЕКСТ ПРОГРАМИ	100
ДОДАТОК Б ПРЕЗЕНТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ	117

ВСТУП

Актуальною та малодослідженою на сьогодні проблемою економіки України є прогнозування ціноутворення на фінансових ринках. Фінансові ринки вимагають від учасників високого рівня знань та підготовки. Особи прийняття рішень, а саме: фінансисти корпорацій, аналітики ринків цінних паперів, торговці фінансових інститутів та біржові спекулянти щоденно приймають багато рішень про купівлю-продаж різних фінансових і матеріальних активів.

Для зменшення ризику таких операцій та отримання очікуваних прибутків від своїх вкладень особи прийняття рішень повинні знати і аналізувати цілий ряд факторів, що впливають на ринкові ціни та курси і породжують тенденції зростання чи зниження. В цьому їм допомагають методи технічного аналізу.

Технічний аналіз виник в XVIII столітті в Японії, його використовували торговці рису, а масово почав використовуватись вже на початку XX століття для торгівлі на фондових ринках цінних паперів. З початком комп'ютеризації технічний аналіз став масово доступним, бо багато математичних обчислень почали виконувати комп'ютери. На відміну від інших методів аналізу ринку, методи технічного аналізу для прогнозування динаміки цін, заснований на математичних, а не на економічних теоріях.

Метою роботи є створити систему підтримки прийняття рішень для зменшення ризиків осіб прийняття рішень в процесі інвестування. А також дослідити та освоїти різні методи технічного аналізу, порівняти їх та визначити їх ефективність.

РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ВИБРАНИХ ПРОЦЕСІВ (ОБ'ЄКТІВ) ТА ЇХ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ, АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Основні поняття та визначення

Перш за все визначимось з поняттям технічний аналіз. У науковців немає єдиного визначення даного поняття. Англomовний термін «technical analys» перекладений українською дослівно як «технічний аналіз», що не зовсім точно відображає його суть. Слово «technical» походить від слова «technics», що означає прийоми. Отже, технічний аналіз — це сукупність прийомів аналізу, які не є суто технічними, а містять елементи творчого креативного підходу [1].

Словник «Dictionary of money and investing» дає таке визначення: «Технічний аналіз — це спроба прогнозувати рухи ціни акцій на основі минулих показників» [2].

Відомі економісти Дж.Мерфі, Ю.Жваколюк та О.М.Сохацька визначають технічний аналіз як процес дослідження динаміки ринку. Зокрема Дж.Мерфі дає таке визначення: «Технічний аналіз — це дослідження динаміки ринку, частіше за все графіків, з цілю прогнозування майбутнього напрямку руху цін» [3].

А.Акеліс, Р.Морріс, В.Ф.Корельський та Р.В.Гаврилов визначають технічний аналіз як метод, або сукупність методів. «Технічний аналіз — це метод вивчення цін, головним інструментом якого є графіки» [4].

Проаналізувавши дані визначення, сформулюю те, яке найкраще підходить для даної задачі та відображає основну суть поняття. Технічний аналіз — це сукупність графічних, математичних, статистичних та інших

методів, які опираючись на наявні дані допомагають прогнозувати майбутній рух цін на вільному ринку.

Фондова біржа — організований ринок цінних паперів, що виконує функцію мобілізації грошових засобів для довгострокових інвестицій в економіку та для фінансування державних програм [5]. Біржа в найбільшій мірі наближається до умов вільного ринку, тому що вона майже відповідає вимогам ринку наявного товару: товари тут гомогенні, а для біржових брокерів ринок цілком прозорий. На ринку цінних паперів стикаються досить суперечливі інтереси багатьох учасників. Сама його природа досить складна, ринок цінних паперів потребує особливого регулювання. Однак специфіка ринку така, що рішення можуть кваліфіковано прийняти тільки безпосередні учасники ринку, оскільки ринок цінних паперів (ринок акцій) характеризується попитом і пропозицією на власний капітал покупців і продавців акцій.

1.1.1 Аналіз умов функціонування вільного ринку

Для функціонування вільного ринку повинні бути виконані наступні умови:

1. Вільна ринкова ціна. Купівля та продаж відбуваються за прийнятними цінами, тобто такими, які виникають у домовленості між продавцем і покупцем, та відповідають попиту і пропозиції.

2. Рівні умови учасників ринку. Відсутність переваг просторового, особистісного, тимчасового чи будь якого іншого характеру. Умови конкурентної боротьби повинні бути однаковими для всіх продавців і покупців.

3. Повна прозорість ринку. Усі суб'єкти ринку мають можливість повного огляду ринку. Вони є проінформовані про стан попиту та пропозиції,

відкрито можуть аналізувати угоди, ціни, якість товару, умов постачання і платежів. Це критично важливо для орієнтації на ринку та прийняття рішень про купівлю та продаж.

4. Абсолютна мобільність фінансових, трудових, матеріальних ресурсів та факторів виробництва. Це означає що кожен суб'єкт ринкових відносин може вільно розпоряджатись технікою, технологіями, об'ємами виробництва для збільшення власного доходу.

5. Необмежене число учасників і вільна конкуренція між суб'єктами ринкових відносин. Це означає, що у кожної людини є право займатися чи не займатися будь-яким видом діяльності, наприклад: займатись підприємництвом, фондовими операціями, вкладати депозити у банки, виробляти товари тощо. В свою чергу споживачі вільні обирати товари та послуги, які забажають.

6. Відсутність монополізму, однорідність товарів і державного регулювання. Це критично потрібно для свободи економічних відносин між продавцем та покупцем.

7. Гомогенність товарів. Для того, щоб ціна була однозначно порівнянна з визначеним товаром, усі товари повинні бути об'єктивно однорідні у відношенні їхньої якості, зовнішнього вигляду й упакування. Відсутні всякі об'єктивні переваги [6].

1.2 Історія виникнення і розвитку технічного аналізу

Технічний аналіз виник для прогнозування цін, задовго до виникнення фондових ринків. Вважають, що вперше його застували в Японії в 1730 роках, коли почалась торгівля стандартизованими рисовими контрактами. Саме тоді виник так званий метод «японські свічки». Становлення технічного аналізу як

науки можна розділити на 5 етапів, які характеризуються певними особливостями.

Перший етап — становлення та розвиток графічного методу технічного аналізу. Характерний відсутністю теоретичних засад, пошук методів відбувався шляхом емпіричних спостережень. Виникають такі методи, як: японські свічки, кагі, пункто-цифровий графік.

Другий етап — використання класичного технічного аналізу. Формуються теоретичні концепції, виникає теорія Чарльза Доу. Сформувались основні принципи технічного аналізу. Виходять перші статі та книги. В 1930-ті роки відбувається активне використання методів технічного аналізу, через нестабільне становище на фондових ринках США у період великої депресії.

Третій етап — математичне обґрунтування руху цін. Використовуються математичні компоненти такі як числа Фібоначчі, теорія хвиль Елліотта, теорія Ганна, тощо.

Четвертий етап — використання індикаторів, отриманих шляхом математичних розрахунків. Характеризується суперечністю між класичними економічними теоріями та технічним аналізом. Для досліджень починають використовувати ковзні середні, осцилятори і ніші відомі сьогодні методи. Відбувається становлення технічного аналізу як науки. Дж. Мерфі пише багато книг про використання методів технічного аналізу, їх обґрунтування та універсальності.

П'ятий етап — поява принципово нових підходів. Пояснення закономірностей технічного аналізу за допомогою синергетичного підходу, теорії хаосу. Створили перші програми для аналізу фондового ринку з використанням методів технічного аналізу «The Technician» та «Meta Stocks». Застосовуються нейронні мережі [1].

1.3 Постулати технічного аналізу

Технічний аналіз базується на трьох постулатах:

1. Ринок враховує усе. Технічний аналітик вважає, що всі чинники які впливають на ринкову вартість товару (економічні, політичні, психологічні, тощо) відобразяться на його ціні. Наприклад, такий факт, як через те, що попит перевищує пропозицію ростуть ціні, в технічному аналізі розглядають з іншого боку — якщо ціна росте, це означає що попит перевищує пропозицію. З цього випливає, що аналізуючи поведінку цінових графіків ми аналізуємо поведінку ринку, адже всі фактори які впливають на ринок вже відображені в ціні.

2. Рух підпорядкований тенденціям. Поняття тенденції або тренду є одне з фундаментальних в технічному аналізі. Все що відбувається на ринку підпорядковується тим чи іншим трендам, тому багато методів технічного аналізу працюють на його розпізнавання. З цього постулату виникають два слідства: 1) діюча тенденція буде розвиватись далі, а не перетворюватись в свою протилежність, 2) діюча тенденція буде розвиватись до тих пір, поки не почнеться рух в зворотньому напрямку.

3. Історія повторюється. Технічний аналіз ґрунтується на існуванні історичних закономірностей, вивчає минуле цін з метою визначення їх напрямку в майбутньому [1].

1.4 Теорія Доу як початок технічного аналізу

Теорія Чарльза Доу заклала основи технічного аналізу. Її принципи були надруковані у журналі «Wall Street Journal» ще в 1900 році. Вперше термін

«теорія Доу» застосував С.Нельсон у своїй книзі «The ABC of Stock Speculation». Ця теорія будується на наступних шести положеннях:

1. Індeksi враховують усе. Дуже схожий з першим постулатом технічного аналізу. Будь-який фактор буде відображений в значенні індексу.

2. На ринку існує три типи тенденцій. Чарльз Доу визначив тенденцію так — «при висхідній тенденції кожний подальший пік і кожний подальший спад вище попереднього» та виділив три категорії тенденцій: первинну, вторинну і малу.

3. Основна тенденція має три фази. Перша фаза — накопичення, коли найінформованіші інвестори починають купувати. На другій фазі починають купувати ті, хто користується методами слідування тенденції. На третій фазі в акції починає скупляти широка публіка, починається ажітаж.

4. Індeksi мають підтверджувати один одного. Доу розглядав два індeksi: залізничний та промисловий. Вважав що кожний сигнал зміни ціни на ринку має пройти в значеннях обох індексів. Якщо у динаміці індексів є розбіжність, то тенденція не змінилась.

5. Обсяг має підтверджувати характер тенденції. Доу вважав об'єм торгівлі не найважливішим, але все все ж таки значущим фактором. Основний принцип — об'єм має рости в напрямку основної тенденції. Якщо тенденція зростаюча, то об'єм буде зростати у напрямку зростання цін. Якщо тенденція спадна, то і об'єм буде зростати у напрямку спадання.

6. Тенденція діє до тих пір, поки не подасть явних сигналів про те, що вона змінилась. Тенденція почавши свій рух, буде намагатись його продовжувати. Ймовірність зміни тенденції набагато нижча за ймовірність, що тенденція збережеться [3].

1.5 Закони технічного аналізу Дж. Мерфі

У середині 20-го століття відбувається становлення технічного аналізу, як науки, багато в чому завдячуючи діяльності Джона Мерфі. Він написав багато книг про методи та специфіку їх використання. На основі свого досвіду Дж.Мерфі сформував правила аналізу, також відомі як десять законів технічного аналізу:

1. Зробіть карту тренду. Спершу треба взяти попередні дані з та аналізувати їх, дослідити особливості ринку, перш ніж почати торгівлю.

2. Визначте тренд та слідкуйте за ним. Потрібно розпізнати тренд та торгувати у правильному напрямку.

3. Знайдіть максимуми та мінімуми. Це необхідно для визначення рівнів підтримки та опору. Найкраще купувати на рівнях підтримки, а для продажу підходять рівні опору.

4. Вирахуйте корекції. Корекції ринку це явище, коли ринок повертається до свого попереднього напрямку, частина тренду відновлюється.

5. Використовуйте додаткові лінії. Мерфі пропонує використовувати на графіку пробні і дійсні лінії тренду, рівні опору і підтримки, щоб не упустити важливі моменти.

6. Слідкуйте за середніми. Слід використовувати ковзні середні, тому що вони дають хороші сигнали на купівлю та продаж.

7. Вивчайте розвороти. Треба досліджувати осцилятори, вони демонструють перекупленість та перепроданість ринків, що покаже наближаючийся розворот ринку.

8. Пам'ятайте про попереджуючі знаки. Використання декількох інструментів дають попереджуючі знаки, про які необхідно пам'ятати та використовувати у торгівлі.

9. Визначте чи існує тренд. Дуже важливо перед прийняттям рішень визначити наявний тренд візуально, або з використанням спеціальних індикаторів.

10. Пам'ятайте про підтвердження. Різні методи повинні давати однакові сигнали, лише тоді варто звертати увагу на можливість змін на ринку[3].

1.6 Аналіз та класифікація основних методів технічного аналізу

За всю історію існування технічного аналізу виникло багато методів технічного аналізу, рисунок 1.1. Їх можна поділити на дві групи: графічні та аналітичні.

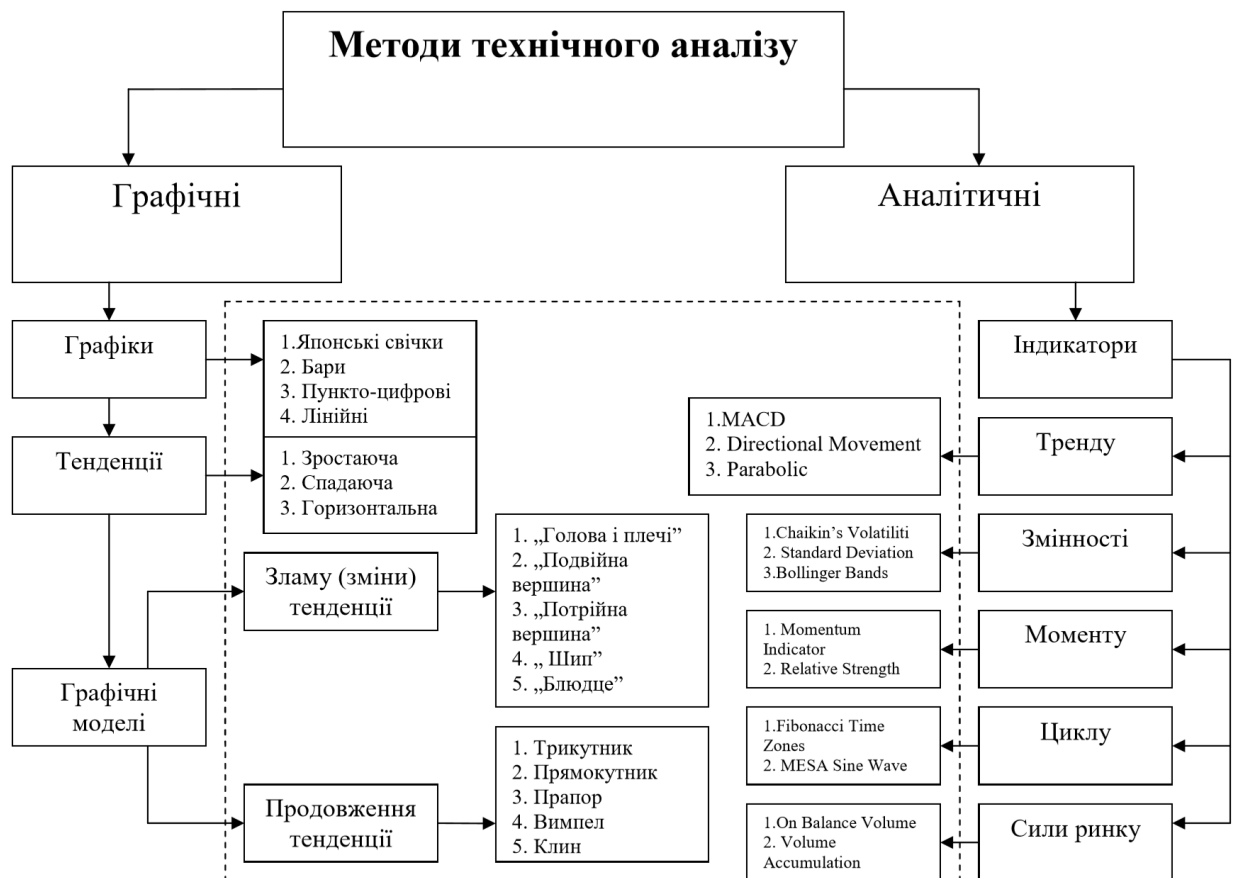


Рисунок 1.1 – Структура методів технічного аналізу [1]

Графічні методи найдавніші, вони покликані відображати інформацію про ринок, допомагають визначити тенденції та моделі ринку, напрямок руху ціни. До графічних методів відносять: хвилі Елліотта, класичні фігури, «японські свічки», бари, лінійні або пункто-цифрові графіки.

Аналітичні методи включають в себе фільтрацію та математичну апроксимацію часових рядів. В якості часового ряду використовують значення цін за певний період часу та обсяги торгівлі. Основним інструментом є індикатор. Індикатор — це результат математичних розрахунків на основі показників ціни чи обсягу. Отримані результати використовують для прогнозування змін цін. До аналітичних методів відносять: ковзне середнє, індекс відносної сили, сходження/розходження ковзних середніх, індекс направленої руху, індекс відносної бадьорості, індикатор моменту, синусова хвиля, індикатори накопичення/розподілення, тощо.

Найчастіше використовують комбінації графічних та аналітичних методів. Існує багато методів, які можна віднести до обох груп.

Також методи технічного аналізу можна поділити на трендові та безтрендові, таблиця 1.1. Безтрендові методи дозволяють прогнозувати на ринку, де ціна сильно коливається в певних межах і немає чітко вираженого тренду.

Усі візуальні та візуально-аналітичні методи є трендовими. Перші методи технічного аналізу були спрямовані виключно на пошук тенденцій, їх тривалості та сили. Аналітичні методи розроблялись пізніше, деякі з них спеціалізуються на аналізі ринку без явних тенденцій.

Таблиця 1.1 – Поділ методів технічного аналізу на групи

Трендові	Безтрендові
Візуальні методи	
Графічні моделі, що можна спостерігати на графіках валютних курсів та цін інших активів	
Візуально-аналітичні методи	
Хвилі Елліотта	
Методи Ганна	
Аналітичні методи	
Лінії лінійної регресії	Момент(momentum)
Смуги Болінджера	MACD
Параболічна система	RSI
Індикатор накопичення-розподілу	Швидкість змін
Індикатор Aroon	Балансовий обсяг
Індикатор Ішімоку	Осцилятор Чайніка
Альфа-бета тренд	Стохастичний осцилятор

Принципово новими методами є методи фрактального аналізу ринку. Його засновником вважається Бенуа Мандельброт. Ринок починають вважати нелінійним, його розглядають як хаотичну систему. Застосовують фрактальну авторегресію. Також все частішим стає використання нейронних мереж при прогнозуванні цін на ринку та узгодженні сигналів різних індикаторів для прийняття рішень купівлі/продажу [1].

1.7 Актуальність технічного аналізу в умовах нестабільності економік світу

В наші дні економіка України та світу є нестабільною через ряд факторів: війна на сході України, анексія Росією Криму, пандемії COVID-19 та спричиненої нею кризою, тощо. Це неминуче відображається на стані фондового ринку цінних паперів, спричиняючи хаотичні зміни курсу акцій. Багато компаній банкрутують, деякі навпаки відчують шалений попит. У таких умовах дуже актуальною стає проблема передбачення цін на ринку акцій та вироблення стратегій та методів прийняття рішень для подальшого інвестування.

Технічний аналіз допомагає вирішити проблему визначення напрямку руху цін. На відміну від інших, методи технічного аналізу досліджують факт руху цін для прогнозування подальшої поведінки ринку. Методи технічного аналізу допомагають визначити тенденцію руху цін і торгувати цінними паперами у напрямку тренду.

Ця проблема активно вивчається на заході вже більше ста років, відомими є роботи Чарльза Доу, Джона Мерфі, Реоберта Ріа, Стівена Акеліса, тощо. Ще більше актуальними стали методи з приходом масової комп'ютеризації. Розрахунки індексів та методів технічного аналізу стали доступні широкому загалу.

1.8 Постановка задачі

Ціллю роботи є — на основі методів технічного аналізу створити систему підтримки прийняття рішень, що призначена на допомогу особі

відповідальної за прийняття рішень щодо купівлі або продажу цінних паперів на фондовому ринку.

Технічні вимоги до продукту наступні:

- Програмний продукт повинен функціонувати на персональних комп'ютерах;
- Розробити алгоритми методів аналізу руху цін;
- Розробити змістовний та ергономічний інтерфейс для відображення роботи методів;
- Розробити алгоритм рекомендації поведінки для ОПР.

1.9 Висновки з розділу 1

В даному розділі було розглянуто основні положення технічного аналізу. Проблема прогнозування цін на фондовому ринку є дуже актуальною. Фондовий ринок є максимально наближеним до умов вільного ринку. Методи технічного аналізу допомагають приймати рішення щодо купівлі або продажу цінних паперів.

На основі аналізу літературних джерел та виходячи з постановки задачі у розділі сформульовано визначення технічного аналізу. Технічний аналіз — це сукупність графічних, математичних, статистичних та інших методів, які опираючись на наявні дані допомагають прогнозувати майбутній рух цін на вільному ринку.

Технічний аналіз має довгу історію використання та розвитку. Його методи перевірені часом та успішно використовуються і зараз. На становлення Технічного аналізу, як науки, сильно вплинули роботи Доу та Мерсі, які сформували свої рекомендації для аналізу ринку на основі постулатів технічного аналізу. Ці постулати є логічними та практичними.

В результаті цього розділу маємо огляд предметної області та основні підходи та методи, що будуть використанні для розробки програмного продукту.

РОЗДІЛ 2 ВИБІР І ОПИС МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІНАНСОВОГО РИНКУ

2.1 Ковзне середнє

У багатьох методах технічного аналізу використовується ковзне середнє, яке згладжує коливання графіку ціни, та призвело до появи методів осциляторів. Джон Мерфі наголошував про важливість використання ковзних середніх в одному з десяти законів технічного аналізу [1].

Загальна формула для розрахунку ковзних середніх (moving average) має вид:

$$MA = \sum_k w_k y_k,$$

де $\{y_k\}$ – масив цін,

$\{w_k\}$ – масив вагів, з якими ціни входять в формулу.

При цьому обов'язковою є правило нормування:

$$\sum_k w_k = 1.$$

Ковзні середні характеризуються:

- об'єктом обчислення, тим рядом, який згладжують;
- періодом, кількістю діб, які враховуються при обчисленні;
- типом, алгоритмом підрахунку вагів $\{w_k\}$.

Зазвичай використовують три типи ковзних середніх: звичайну ковзнау середню (SMA - simple moving average), зважену ковзну середню (WMA - weighted moving average) та експоненційну ковзну середню (EMA - exponential moving average) [7].

2.1.1 Експоненційна ковзна середня, її період, порядок, дисперсія та точки перетину

Експоненційна ковзна середня передає більшу вагу останнім даним. Вона краще за звичайну ковзну середню та зважену ковзну середню тим, що вона має не фіксований інтервал розрахунку, тобто враховує весь період. Рекурентна формула експоненційної ковзної середньої має вид:

$$EMA_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot EMA_{t-1},$$

де $0 < \alpha \leq 1$ – показовий відсоток, що визначає ступінь згладжування.

При збільшенні α ступінь згладжуваності зменшується. Якщо $\alpha = 1$, то маємо, що експоненційна ковзна середня є рівною ціні [7].

$$\begin{aligned} EMA_t &= \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot EMA_{t-1} = \\ &= \alpha \cdot y_t + \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot y_{t-1} + (1 - \alpha)^2 \cdot EMA_{t-2} = \\ &= \alpha \cdot y_t + \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot y_{t-1} + \alpha \cdot (1 - \alpha)^2 \cdot y_{t-2} + (1 - \alpha)^3 \cdot EMA_{t-3} = \\ &= \alpha \cdot y_t + \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot y_{t-1} + \alpha \cdot (1 - \alpha)^2 \cdot y_{t-2} + \dots + (1 - \alpha)^t \cdot y_0 \end{aligned}$$

Звідси маємо:

$$EMA_t = \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i \cdot y_{t-i} + (1-\alpha)^t \cdot y_0,$$

або

$$EMA_t = \alpha \sum_{k=1}^t (1-\alpha)^{t-k} \cdot y_k + (1-\alpha)^t \cdot y_0.$$

Обчислене значення експоненційного ковзного середнього співвідносимо з точкою на часовій осі, яка має координату:

$$\bar{t} = \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i (t-i) = t\alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i - \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i i,$$

де суми обчислюються, як:

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i &= \frac{1 - (1-\alpha)^t}{\alpha} \\ \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i \cdot i &= \frac{(1-\alpha) - (1+\alpha t - \alpha)(1-\alpha)^t}{\alpha^2}. \end{aligned}$$

Після обчислень отримуємо:

$$\bar{t} = t - \frac{(1-\alpha)}{\alpha} + \frac{(1-\alpha)^{t+1}}{\alpha}.$$

Так як $(1-\alpha) < 1$, то $(1-\alpha)^{t+1} \approx 0$ при достатньо великих значеннях t . Тоді формулу можна переписати як:

$$\bar{t} \approx t - \frac{1 - \alpha}{\alpha}.$$

Виразимо експоненційне ковзне середнє через період T . Момент часу \bar{t} зсунутий вліво по осі часу від моменту t на величину:

$$\Delta t = \frac{1 - \alpha}{\alpha}.$$

Також відомо, що

$$\Delta t = \frac{T - 1}{2},$$

тоді маємо:

$$\frac{1 - \alpha}{\alpha} = \frac{T - 1}{2}.$$

Звідси слідують дві формули. Формула конвертування показникового відсотку у період має вигляд:

$$T = \frac{2}{\alpha} - 1.$$

Формула конвертування періоду у показниковий відсоток має вигляд:

$$\alpha = \frac{2}{T + 1}.$$

Враховуючі зазначені вище співвідношення, можна переписати рекурентну формулу експоненційного ковзного середнього:

$$EMA_t = \frac{2}{T+1} \cdot y_t + \frac{T-1}{T+1} \cdot EMA_{t-1}.$$

Ми розглянули експоненційне ковзне середнє першого порядку, тобто згладжуванню піддавався лише вхідний динамічний ряд. При позначені експоненційного середнього першого порядку зазвичай верхній індекс опускають [7]. Повний запис виглядає так:

$$EMA_t^{(1)} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot EMA_{t-1}^{(1)}.$$

Для експоненційного ковзного середнього довільного порядку використовуємо запис:

$$EMA_t^{(n)} = \alpha \cdot EMA_t^{(n-1)} + (1 - \alpha) \cdot EMA_{t-1}^{(n)}.$$

Розглянемо величину $e_t = y_t - EMA_t$, це похибка експоненційного ковзного середнього. Подвійним експоненційним ковзним середнім (DEMA - double exponential moving average) називають значення експоненційної ковзної середньої ціни з додаванням експоненційного ковзного середнього похибки [7]. Його запис має вид:

$$\begin{aligned} DEMA_t &= EMA_t + EMA(e_t) = EMA_t + EMA(y_t - EMA_t) = \\ &= 2 \cdot EMA_t - EMA(EMA_t) \equiv 2 \cdot EMA_t^{(1)} - EMA_t^{(2)}. \end{aligned}$$

Подвійне експоненційне ковзне середнє теж має деяку похибку. Ця похибка має вид: $e_t = y_t - DEMA_t$. Розглянемо потрібну експоненційну ковзну середню (TEMA - triple exponential moving average), вона має вид:

$$TEMA_t = DEMA_t + EMA(e_t) = DEMA_t + EMA(y_t - DEMA_t) .$$

Виконавши перетворення маємо:

$$\begin{aligned} TEMA_t &= 3 \cdot EMA_t - 3 \cdot EMA(EMA_t) + EMA(EMA(EMA_t)) \equiv \\ &\equiv 3 \cdot EMA_t^{(1)} - 3 \cdot EMA_t^{(2)} + EMA_t^{(3)} \end{aligned} .$$

Виникає необхідність знати в момент часу t («сьогодні») яка ціна має бути в момент часу $t + 1$ («завтра»). Для цього потрібно, щоб відбувся перетин ціни y з експоненційним ковзним середнім або перетин двох експоненційних ковзних середніх з різним періодом. Найбільш важливими випадками є:

1) Перетин ціни y та експоненційного ковзного середнього першого порядку:

$$y_{t+1} = EMA_t^{(1)} .$$

2) Перетин ціни y та експоненційного ковзного середнього другого порядку:

$$y_{t+1} = \frac{EMA_t^{(2)} + \alpha \cdot EMA_t^{(1)}}{1 + \alpha} .$$

3) Перетин ціни y з подвійним експоненційним ковзним середнім:

$$y_{t+1} = \frac{(1 - \alpha) \cdot ((2 - \alpha) \cdot EMA_t^{(1)} - EMA_t^{(2)})}{1 - \alpha \cdot (2 - \alpha)}$$

або

$$y_{t+1} = \frac{(1-\alpha) \cdot (DEMA_t - \alpha \cdot EMA_t^{(1)})}{1-\alpha \cdot (2-\alpha)}$$

4) Перетин двох експоненційних ковзних середніх першого порядку з різними періодами:

$$y_{t+1} = \frac{(1-\alpha_2) \cdot EMA2_t^{(1)} - (1-\alpha_1) \cdot EMA1_t^{(1)}}{\alpha_1 - \alpha_2},$$

де $EMA1_t^{(1)}$ характеризується показниковим відсотком α_1 ;

$EMA2_t^{(1)}$ характеризується показниковим відсотком α_2 .

5) Перетин двох експоненційних ковзних середніх другого порядку з різними періодами:

$$y_{t+1} = [\alpha_2 \cdot (1-\alpha_2) \cdot EMA2_t^{(1)} + (1-\alpha_2) \cdot EMA2_t^{(2)} - \alpha_1 \cdot (1-\alpha_1) \cdot EMA1_t^{(1)} - (1-\alpha_1) \cdot EMA1_t^{(2)}] / [\alpha_1^2 - \alpha_2^2],$$

де $EMA1_t^{(1)}$ та $EMA1_t^{(2)}$ характеризується показниковим відсотком α_1 ;

$EMA2_t^{(1)}$ та $EMA2_t^{(2)}$ характеризується показниковим відсотком α_2 .

6) Перетин експоненційного ковзного середнього першого порядку з показниковим відсотком α_1 та експоненційного ковзного середнього другого порядку з показниковим відсотком α_2 :

$$y_{t+1} = [\alpha_2 \cdot (1-\alpha_2) \cdot EMA2_t^{(1)} + (1-\alpha_2) \cdot EMA2_t^{(2)} - (1-\alpha_1) \cdot EMA1_t^{(1)}] / [\alpha_1 - \alpha_2^2].$$

Постає питання — наскільки коректно підібраний показниковий відсоток α . Потрібно його оцінити. Для цього досліджують похибки, які

виникають при прогнозуванні цін у момент часу $t + 1$ («завтра») використовуючи значення експоненційного ковзного середнього в момент часу t («сьогодні»). Покладемо позначення:

y_t , – ціна в момент часу t ;

α , – показниковий відсоток згладжування цін;

$Y_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot Y_{t-1}$, – експоненційне ковзне середнє цін;

$f_t, \quad f_{t+1} = Y_t$, – прогноз ціни;

$e_t, \quad e_t = y_t - f_t$, – похибка прогнозу;

β , – показниковий відсоток згладжування ряду квадратів похибок прогнозу;

$Q_t, \quad Q_t = \beta \cdot e_t^2 + (1 - \beta) \cdot Q_{t-1}$ – експоненційне ковзне середнє ряду квадрату похибок.

Оптимізація величини показникового відсотка α – це підбір такого значення, що при фіксованому β домагаємось того, щоб $Q_t \rightarrow \min$. Зазвичай величину β обирають в діапазоні від 0.1 до 0.2, що приблизно відповідає періоду згладжування в діапазоні від 10 до 20.

Дослідимо як співвідносяться дисперсії цінового ряду з дисперсією ковзного середнього цінового ряду. Припустимо, що ціновий ряд складається з випадкових величин, які мають однакову дисперсію σ^2 . Також припустимо, що на інтервалі згладжування середня величина кореляції між значеннями ціни в різні моменти часу дорівнює ρ . Тоді в загальному вигляді формула для обрахування ковзного середнього матиме вид [7]:

$$Y = \sum_k w_k y_k$$

Дисперсія випадкової величини є лінійною комбінацією корельованих випадкових величин, маємо:

$$\sigma_Y^2 = \sum_k w_k^2 \sigma_k^2 + 2 \sum_k \sum_{i>k} w_i w_k \rho_{ik} \sigma_i \sigma_k .$$

Враховуючи припущення про фіксованість дисперсій та коефіцієнтів кореляції формулу можна скоротити до:

$$\sigma_Y^2 = \sigma^2 \sum_k w_k^2 + 2\rho\sigma^2 \sum_k \sum_{i>k} w_i w_k .$$

Звідси маємо:

$$\frac{\sigma_Y^2}{\sigma^2} = \sum_k w_k^2 + 2\rho \sum_k \sum_{i>k} w_i w_k .$$

Враховуючи правило нормування вагів маємо:

$$\sum_k w_k^2 + 2 \sum_k \sum_{i>k} w_i w_k = 1 .$$

Звідси отримаємо висновок, що $\rho \leq 1$, то $\sigma_Y^2 \leq \sigma^2$.

Формула дисперсії експоненційного ковзного середнього має вигляд:

$$Y = \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i \cdot y_{t-i} + (1-\alpha)^t \cdot y_0 .$$

Тепер зведем вираз суми вагів для експоненційного ковзного середнього до дисперсії цінового ряду:

$$\sum_{k=0}^t w_k^2 = (1-\alpha)^{2t} + \alpha^2 \sum_{k=1}^t (1-\alpha)^{2k} = \frac{\alpha}{2-\alpha} + \frac{2-2\alpha}{2-\alpha} (1-\alpha)^{2t}$$

$$2 \sum_{k=0}^t \sum_{i=k+1}^t w_i w_k = \frac{2-2\alpha}{2-\alpha} - \frac{2-2\alpha}{2-\alpha} (1-\alpha)^{2t}$$

При достатньо великому значенню t , так як $(1-\alpha) < 1$, то $(1-\alpha)^{2t} \approx 0$
Звідси слідує:

$$\frac{\sigma_Y^2}{\sigma^2} = \frac{\alpha}{2-\alpha} + \rho \frac{2-2\alpha}{2-\alpha} = \frac{1}{T} + \rho \cdot \frac{T-1}{T}.$$

2.3 Індикатор MACD

MACD (Moving Average Convergence/Divergence) розробив Джеральд Аппель – видавник журналу «Systems and Forecasts» [4]. Індикатор допомагає визначити напрям тренду та момент його зміни. Найбільше MACD є ефективним в умовах, коли ринок коливається з сильною амплітудою [8].

MACD вираховують як розходження між 12-ти та 26-ти денними експоненційними ковзними середніми. Сам індикатор має дві лінії експоненційних ковзних середніх та одну нульову лінію. Їх коливання між собою та додатність (або від'ємність) різниці сигналізують про зміну тренду, перекупленості або перепроданості акцій [9].

$$MACD = EMA_{12} - EMA_{26},$$

$$EMA_k = \frac{2}{3} P_3 + \frac{1}{3} EMA_{k-1},$$

де $P3$ – аналізуємий часовий період;

k – індекс, який приймає значення 12 та 26 [8].

Перша лінія. Її називають швидкою лінією MACD. Вона показує різницю між коротким та довгим ковзним середнім цін. Зазвичай також на нього застосовують згладжування.

Друга лінія називається повільною лінією MACD або сигнальною лінією. Вона є експоненційним ковзним середнім першої лінії MACD. Для її побудови використовують фактор згладжування рівний 9 дням.

Сигнал до продажу виникає, коли швидка лінія MACD перетинає повільну лінію зверху вниз, та обидві вони знаходяться вище нульової лінії, рисунок 2.1. Чим вище над нульовою лінією відбувається перетин — тим більший сигнал до продажу [9]. Взагалі, коли швидка лінія знаходиться нижче сигнальної, то рекомендується купувати акції [4].

Сигнал к продаже



Рисунок 2.1 – Сигнал до продажу [9]

Сигнал до купівлі виникає, коли швидка лінія MACD перетинає повільну лінію знизу вверху, та обидві вони знаходяться нижче нульової лінії, рисунок 2.2. Чим нижче під нульовою лінією відбувається перетин — тим

сильнішим вважається сигнал до купівлі [9]. Взагалі, коли швидка лінія знаходиться вище сигнальної, то рекомендується продавати акції [4].

Сигнал к покупке

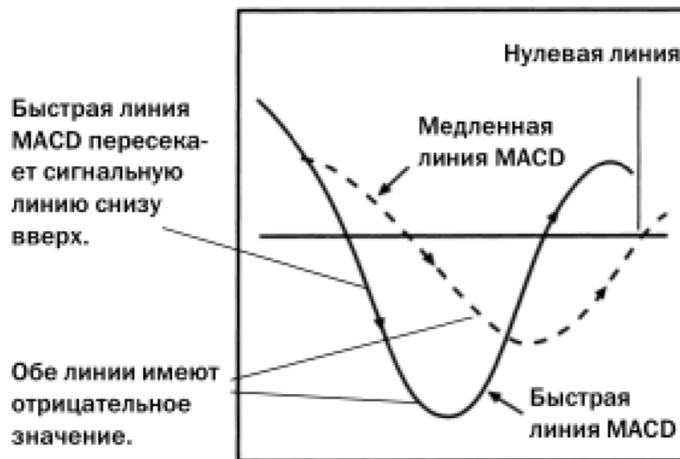


Рисунок 2.2 – Сигнал до купівлі [9]

Що не дивно, бо якщо MACD додатній, то 12-ти денне ковзне середнє більше за 26-ти денне ковзне середнє — це ознака «бичого» ринку. Якщо така тенденція починає змінюватись – слід продавати акції. І навпаки, якщо MACD менше нуля, то ринок «медвежий». Як тільки тенденція починає змінюватись – слід купувати акції [4].

Лісовий графік. Іноді замість двох ліній будується стовпчиковий графік різниці ліній MACD, рисунок 2.3. Він краще показує сходження та розходження ціни.

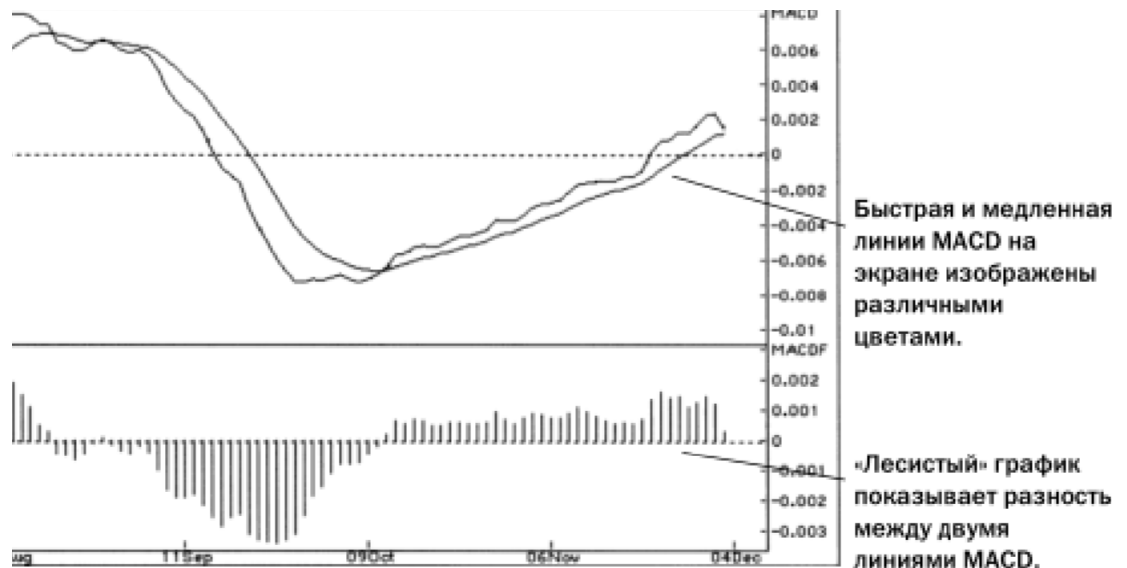


Рисунок 2.3 – Лісовий графік [9]

Проблема методу MACD в тому, що він слідує за тенденцією та неминуче відстає від ринку. Він чудово працює при відносно довгих цінових тенденціях. MACD не передбачує, а сповіщає про напрямок руху цін. Цього цілком достатньо для прийняття рішень щодо купівлі або продажу акцій. Особа прийняття рішень, що користується цим методом, не має можливості раннього виходу на ринок. Зате використання MACD значно скорочує ризики від помилкового передбачення, так як особа прийняття рішень завжди буде купувати або продавати у напрямку руху головної тенденції [4].

Для згладжування використовують наступну формулу:

$$\text{Фактор згладжування} = \frac{2}{n + 1},$$

де n – це кількість періодів.

Вона описує приблизне відношення між фактором згладжування, який використовують в алгоритмі експоненційного ковзного середнього в залежності від кількості періодів, які досліджують. Типові результати фактору згладжування знаходяться в таблиця 2.1.

Таблиця 2.1 – Типові результати фактору згладжування [9]

Фактор згладжування	n
0.20	9
0.15	12
0.075	26

2.4 Індикатор RSI

Індекс відносної сили, або RSI (Relative Strength Index) був розроблений для аналізу графіків у вигляді «барів» акцій або фінансових індексів Дж. Уеллсом Уайдером-молодшим та представлений у його книзі «New Concepts in Technical Trading Systems, Welles Wilder». Зараз метод-осцилятор використовують на всіх ринках, особливо на ф'ючерсних ринках цінних паперів [1]. Сама назва «індекс відносної сили» є не зовсім влучною, бо цей метод не порівнює відносну силу між двома графіками зміни ціни цінних паперів, а вимірює внутрішню силу однієї акції. Назва «індекс внутрішньої сили» підійшла б краще [4].

Індикатор порівнює ефективність ціни в порівнянні з її власною ефективністю в минулому, незважаючи на ніші ціни та ринки. Значення індексу RSI знаходяться у діапазоні від 0 до 100. В залежності від значення роблять висновки стосовно стану ціни акції.

Індекс RSI розраховують за наступною формулою:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS'}$$

де $RS = \frac{\text{середня "верхніх цін закриття" за } n \text{ днів}}{\text{середня "нижніх цін закриття" за } n \text{ днів}}$.

Верхня ціна закриття — зміна ціни за два послідовних періоди, в яких ціна зростала.

Нижня ціна закриття — зміна ціни за два послідовних періоди, в яких ціна зменшувалась.

Уайлдер брав для підрахунку RSI значення $n = 14$, сучасні дослідники частіше беруть значення $n = 9$ або $n = 21$. При зміні значень n Мерфі рекомендує змінювати і сигнальний рівень зон перекупленості та перепроданості на 80 з 70 та 20 з 30 відповідно.

Для підрахунку чисельника та знаменника будемо використовувати експоненційні ковзні середні.

Акцію називають перекупленою, якщо індекс RSI приймає значення 70 і більше, рисунок 2.4. Це означає, що варто буди обережним при купівлі акцій на цьому рівні. Також, якщо значення RSI перетинає рівень 70-80 пунктів вгору з подальшим зниженням це сигналізує про формування піку на ринку.

Акцію називають перепроданою, якщо індекс RSI приймає значення 30 і менше. Це означає, що варто буди обережним при продажі акцій на цьому рівні. Також, якщо значення RSI перетинає рівень 20-30 пунктів донизу з подальшим зростанням це сигналізує про формування впадини на ринку.

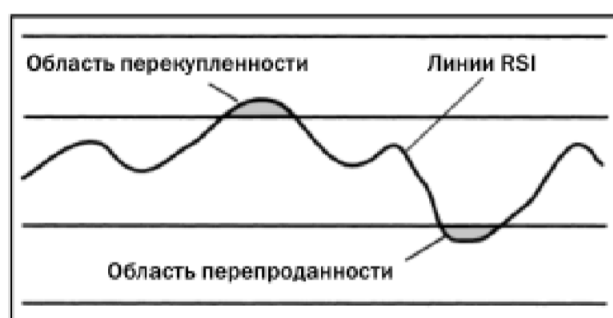


Рисунок 2.4 – Області перекупленості та перепроданості за індикатором RSI [9]

Часто метод RSI застосовують для пошуку ймовірної зміни тренду. Розходження між рухом цін та значень індексу RSI виступає показником зміни тенденції ринку, рисунок 2.5. Це відбувається коли при зростаючому тренді

ціна досягає нових високих значень в порівнянні з попереднім піком, а індекс RSI не перевищує попередніх значень.

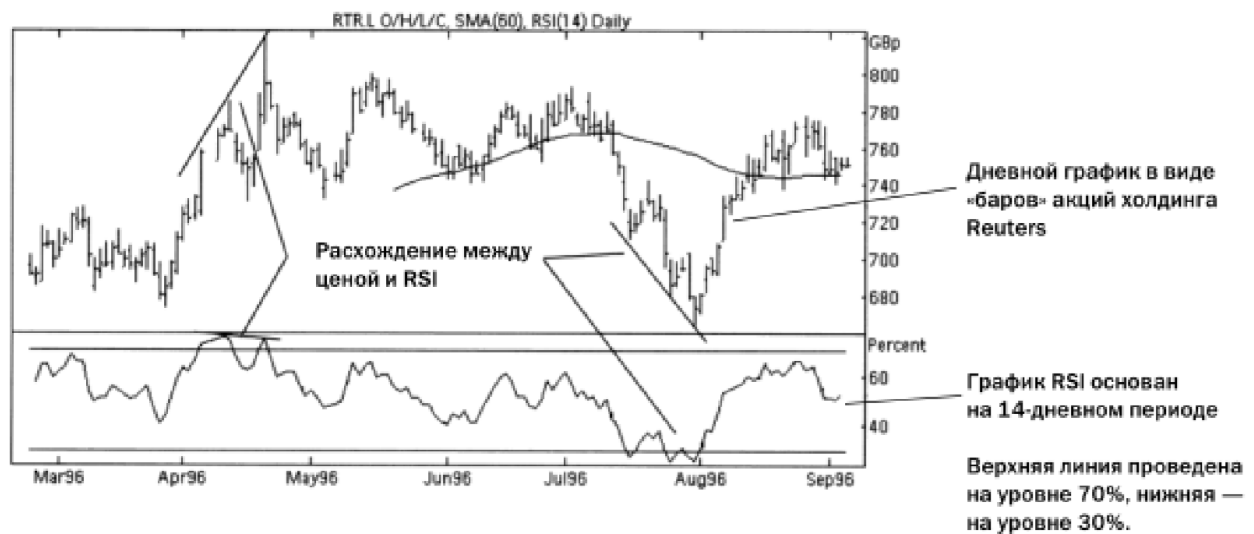


Рисунок 2.5 – Розходження між ціною та RSI [9]

У своїй книзі Уайлдер розповів про п'ять способів використання RSI для аналізу графіків цінних паперів:

1. Вершини та основи. Вершини зазвичай формуються вище 70, а впадини нижче 30 відмітин індексу RSI. Їх утворення попереджує виникнення вершин та впадин на графіку ціни.

2. Графічні моделі. Значення індексу RSI часто вибудовує стандартні графічні моделі такі як «голова і плечі», трикутники тощо, які не видно на графіку ціни. Це свідчить про певні закономірності в поведінці ринку.

3. Невдалий розмах або «failure swing» виникає, коли значення індексу RSI не перевищило попереднього піку, а ціна була максимальною, потім значення індексу повертається донизу і опускається нижче своєї останньої впадини. Те саме справедливо і для нижньої границі. Коли значення індексу RSI не знизилось відносно попередньої впадини, а ціна була мінімальною, потім значення індексу повертається догори і піднялась вище своєї останньої вершини. Це явище сигналізує про зміну тренду.

4. Рівні підтримки та супротиву. Це такі рівні, на які більшість інвесторів однозначно розраховують на підвищення або пониження ціни. Ці рівні на графіку RSI частіше видно значно краще, ніж на ціновому графіку.

5. Розходження. Варто відслідковувати розходження ціни та значень індексу RSI. Це свідчить про ймовірну зміну тренду [4].

2.5 Вагові функції, нейронні мережі для підтримки прийняття рішень

Для прийняття рішень щодо інвестування ОПР має аналізувати великі об'єми інформації. Саме тут стають в нагоді принципи роботи нейронних мереж. Взагалі, нейронні мережі можуть прогнозувати нові ситуації на ринку [10].

Нейронна мережа складається з нейронів, які називають персептронами, рисунок 2.6. Для прогнозу цін на фінансовому ринку на вхід до нейронної мережі подаються значення індикаторів. Сигнал посилюють або послаблюють ваговими коефіцієнтами (синапсами). Далі сигнал потрапляє у суматор S , який додає отримані значення:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i ,$$

де w_i — вага синапсу;

x_i — компонента вхідного сигналу

n — число вхідних сигналів

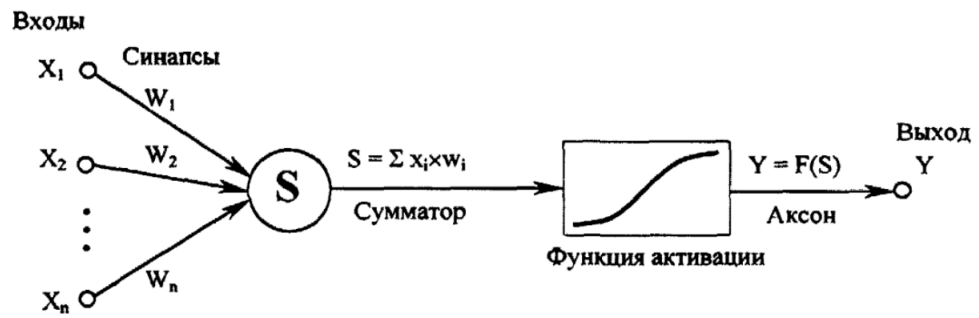


Рисунок 2.6 – Структура штучного нейрону [10]

Отримані значення суматора подаються на нелінійну функцію, функцію активації. Зазвичай використовують сигмоїдні (S -подібні) логістичні функції від 0 до 1 (рисунок 2.7) або від -1 до 1 (рисунок 2.8).

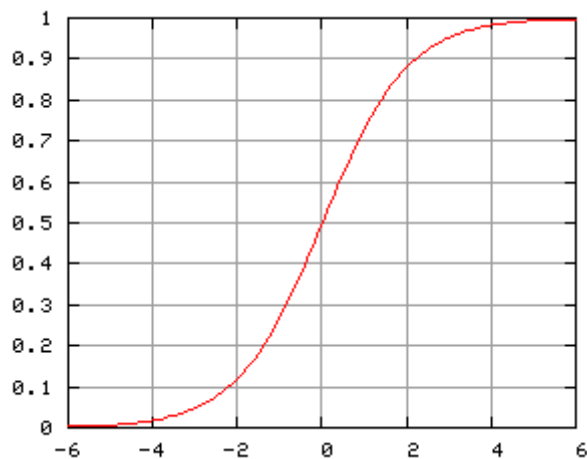


Рисунок 2.7 – Графік сигмоїдної функції від 0 до 1

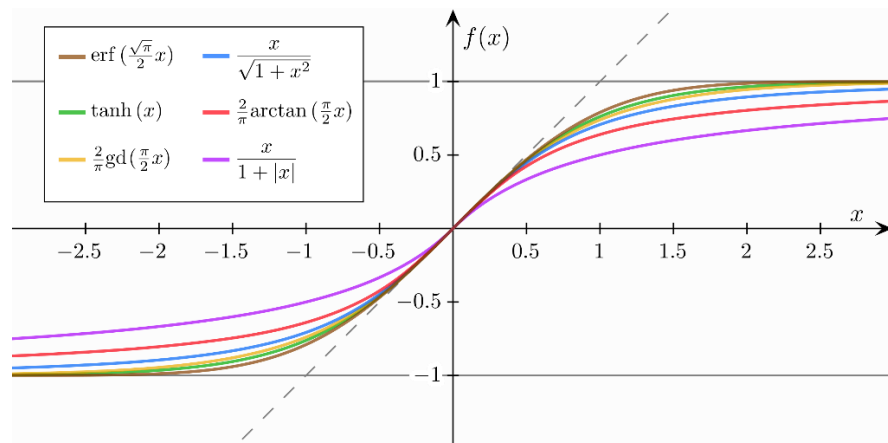


Рисунок 2.8 – Графік сигмоїдних функцій від -1 до 1

Використання таких нелінійних функцій має ряд переваг перед лінійними. По суті, логістичні функції це модифікація одичної ступінчатої функції. Загальне поводження цих функцій еквівалентне. Сигмоїда краще через те, що вона є гладкою та неперервною, а значить диференційованою на всій довжині. Ступінчата функція є бінарною, що унеможлиблює вирішення задач з трьома і більше вихідними значеннями при застосуванні одного перцептрону. Звичайна сигмоїда має таку формулу [11]:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}.$$

Для ряду задач добре підходить біполярний гіперболічний тангенс. Він приймає як додатні так і від'ємні значення. Формула гіперболічного тангенсу має вигляд:

$$f(x) = \tanh(x) = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1}.$$

Ця функція активно використовується для комбінації шарів нейронної мережі. Особливістю є те, що така активаційна функція не перевантажиться від великих значень. Однак гіперболічний тангенс має крутішу похідну та велику амплітуду градієнту [11].

2.6 Висновки до розділу 2

У даному розділі було розглянуто принципи роботи експоненційного ковзного середнього, індикаторів технічного аналізу MACD та RSI та перцептрону. Також дослідили які значення індикаторів є сигналами для купівлі або продажу цінних паперів.

Встановили, що індикатор MACD працює з запізненням, на слідування тенденції. В той час, як індикатор RSI працює на упередження змін в тенденції. Немає однозначної думки, яким індикатором користуватись опереджуючим чи з запізненням. Стівен Акеліс особисто рекомендує слідувати за тенденціями, а не передбачати їх, адже це менш ризиковано.

Також виявили, що принцип роботи персептрона та його логістичну функцію можна застосовувати у прогнозі поведінки цін на ринку. Що і буде зроблено в наступному розділі.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ, РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА АНАЛІЗ ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1 Реалізація індикатору MACD для підтримки прийняття рішень, його варіації та аналіз результатів

Суть роботи індикатору MACD була наведена вище. Було розроблено програмний продукт на мові програмування Python у середовищі Jupyter Notebook (Anaconda 3). Були використані такі бібліотеки: numpy, pandas, matplotlib, datetime та math.

Робота програми для підтримки прийняття рішень за допомогою методу MACD відбувається наступним чином:

1. Завантажуються дані ціни акцій.
2. Підраховуються коротке експоненційне ковзне середнє.
3. Підраховується довге експоненційне ковзне середнє.
4. Підраховується різниця між довгим та коротким ковзними середніми, це і є потрібна лінія MACD.
5. Підраховується ковзне середнє від лінії MACD, так звана сигнальна лінія.
6. Підраховується різниця між лінією MACD та сигнальною лінією, так звана гістограма.
7. Аналізується стан ринку. Ринок є зростаючим чи спадаючим, «бичим» чи «ведмежим». Вважається, коли MACD більше нуля, то ринок має зростаючу тенденцію, якщо менше — спадну.
8. Виводиться рекомендація продавати акції, якщо лінія MACD більше нуля та перетинає сигнальну лінію зверху донизу або лінія MACD перетинає нульову лінію зверху донизу.

9. На виході надається рекомендація купувати акції, якщо лінія MACD менше нуля та перетинає сигнальну лінію знизу вгору або лінія MACD перетинає нульову лінію знизу вгору.

10. Виведення результату.

Блок схема алгоритму наведена на рис 3.1.

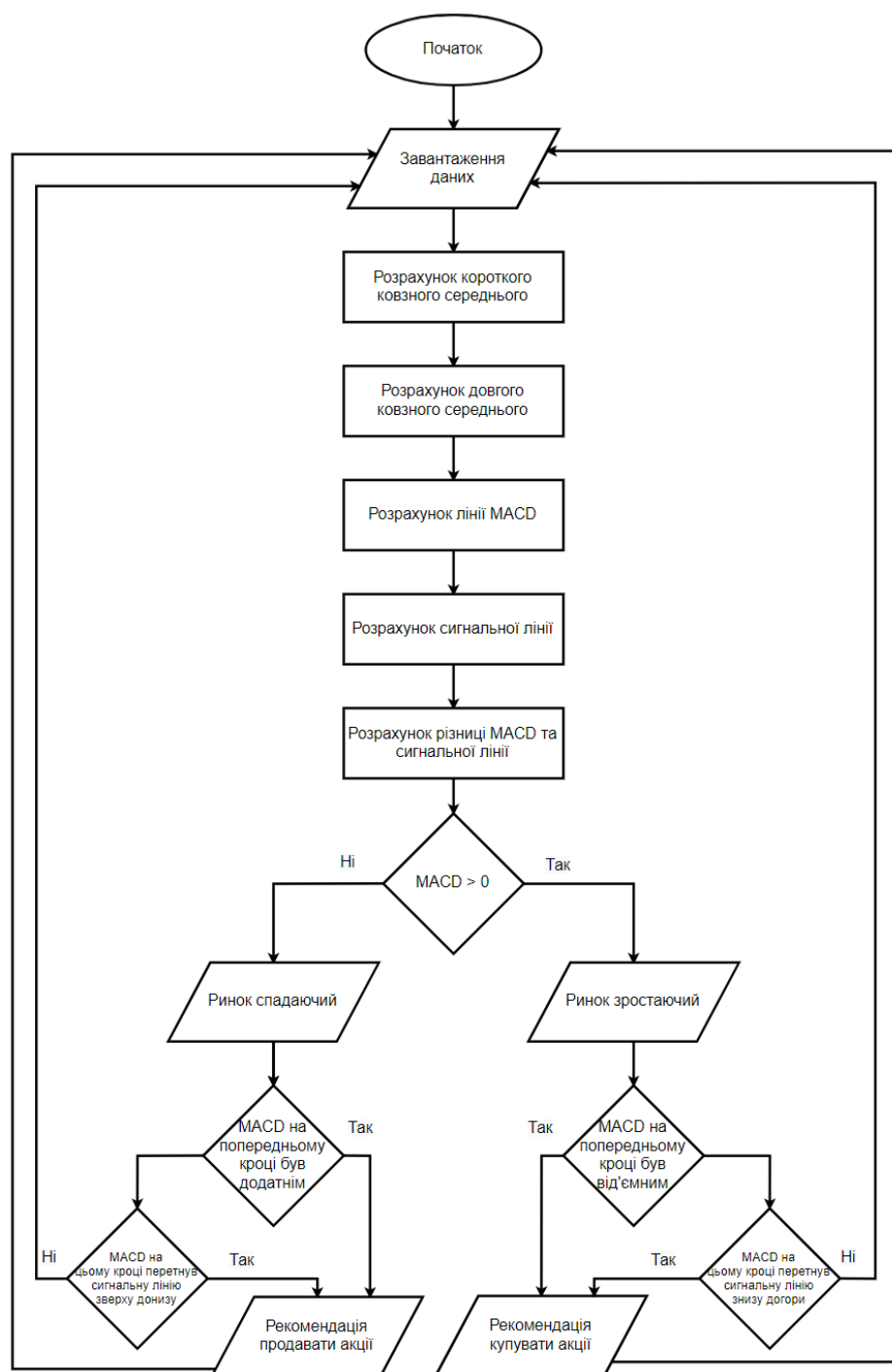


Рисунок 3.1 – Блок-схема реалізації алгоритму підтримки прийняття рішень за допомогою індикатора MACD

Для дослідження було обрано дані вартості акцій компанії «Google» з 2004 по 2020 роки. Дані взяті з сайту «finance.yahoo.com». Розглянемо два відрізки часу: перший під час економічної кризи з 1.08.2007 по 1.08.2008, другий стабільний для економіки час з 1.02.2017 по 1.02.2018.

Також дослідимо вплив ширини вікна довгого та короткого ковзних середніх на рекомендації для прийняття рішень щодо купівлі/продажу акцій.

3.1.1 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою індикатору MACD під час економічної кризи

Проведемо експеримент: особа прийняття рішень отримує даний програмний продукт 1 серпня 2007 року і починає аналізувати ціну акцій компанії «Google» та робити рекомендовані системою дії. На старті в своєму розпорядженні особа прийняття рішень має 10 000 доларів США та 50 акцій компанії «Google» ціною 255.5122 долари. Нехай за одну рекомендацію системи прийняття рішень, особа прийняття рішень купуватиме або продаватиме 10 акцій, незалежно від їх ціни.

Розглянемо процес та результат торгів при використанні індикатору MACD з шириною довгого вікна ковзного середнього 26 днів, короткого 12 днів, а ковзне середнє сигнальної лінії дорівнює 9 днів.

Перший сигнал — «купувати» надійшов вже 23 серпня 2007 року. У системі сигнал відображається зеленою точкою на графіку (рисунок 3.2). Купуємо 10 акцій по ціні 255.1386 доларів. На рахунку особи прийняття рішень залишається 7448.613 доларів та 60 акцій.



Рисунок 3.2 – Перший сигнал системи прийняття рішень — купувати акції

Продовжуємо експеримент. Другий сигнал — «купувати» надходить 5 вересня 2007 року (рисунок 3.3). Купуємо 10 акцій по ціні 262.9145 доларів. На рахунку особи прийняття рішень залишається 4819.468 доларів та 70 акцій.



Рисунок 3.3 – Другий сигнал системи прийняття рішень — купувати акції

Далі, 9 липня 2007 року, надходить третій сигнал — «продавати» (рисунок 3.4). Продаємо 10 акцій по ціні 330,7453 доларів. На рахунку особи прийняття рішень залишається 8126.921 доларів та 60 акцій.

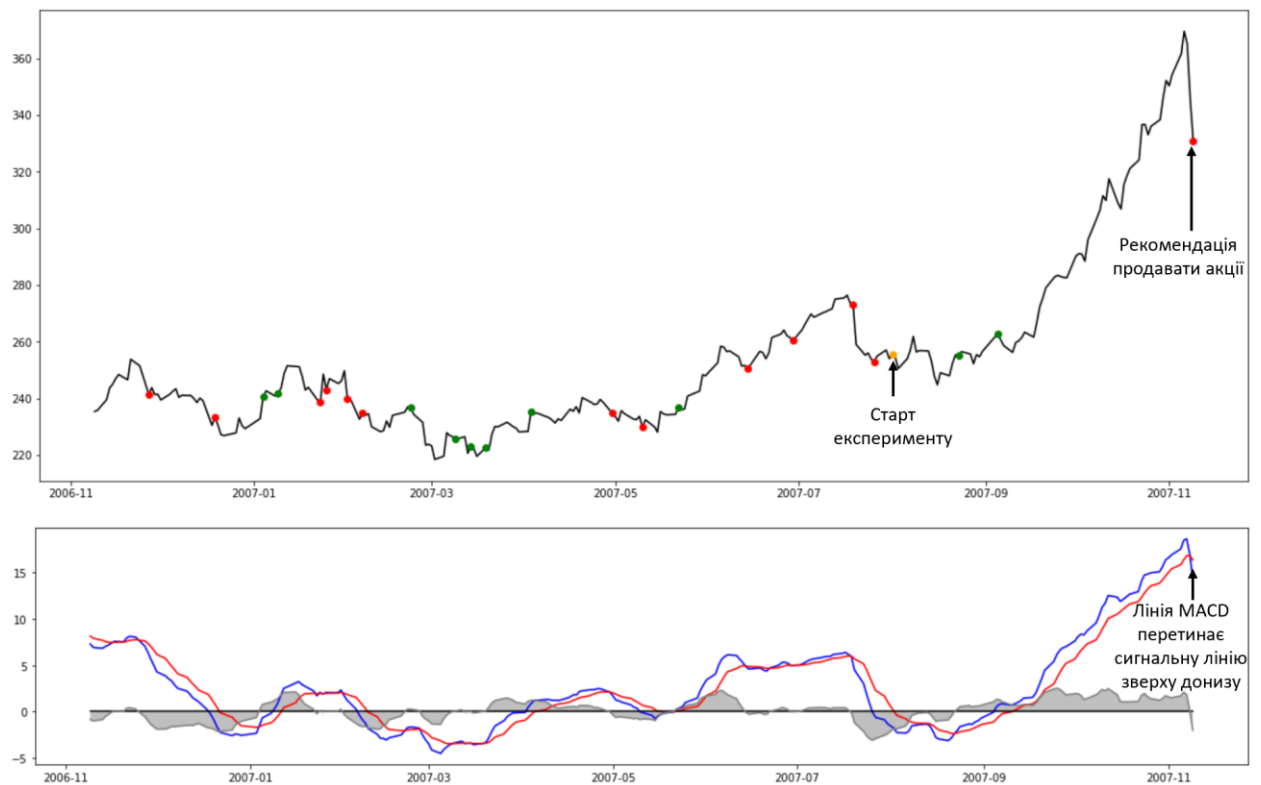


Рисунок 3.4 – Третій сигнал системи прийняття рішень — продавати акції

Таким чином продовжуємо купувати та продавати акції до 1 серпня 2008 року. Графік експерименту наведено на рисунку 3.5. На момент завершення експерименту ціна акцій компанії «Google» коштує 233.0564 долари. Всього відбулось 6 операцій купівлі загальною сумою на 15403.264 долари та 5 операцій продажу загальною сумою на 15598.483 доларів. Загальна кількість грошей та акцій особи прийняття рішень на момент завершення експерименту складає 10195.219 доларів та 60 акцій. Якщо перевести ціну наявних акцій в гроші, маємо 24178.605 доларів. Станом на 1 серпня 2007 року особа прийняття рішень, з урахуванням цін акцій, мала 22775.61. Отже, загальний прибуток особи прийняття рішень, яка використовувала розроблену систему, за рік склав 6.2%. Це більше, ніж відсоткова ставка по депозитам в банках США 2007-2008 років, яка складала від 3.14% до 5.23% [12].

Отже, торгування на ринку цінний паперів під час кризи за допомогою розробленої системи підтримки прийняття рішень з використанням індикатору MACD та коефіцієнтів (12,26,9), виявилась вигіднішою, ніж вкладати гроші в банк на депозит. Якщо б особа прийняття рішень купувала і продавала більшу кількість акцій, маючи такий самий стартовий капітал, вона б мала більший відсоток прибутку.

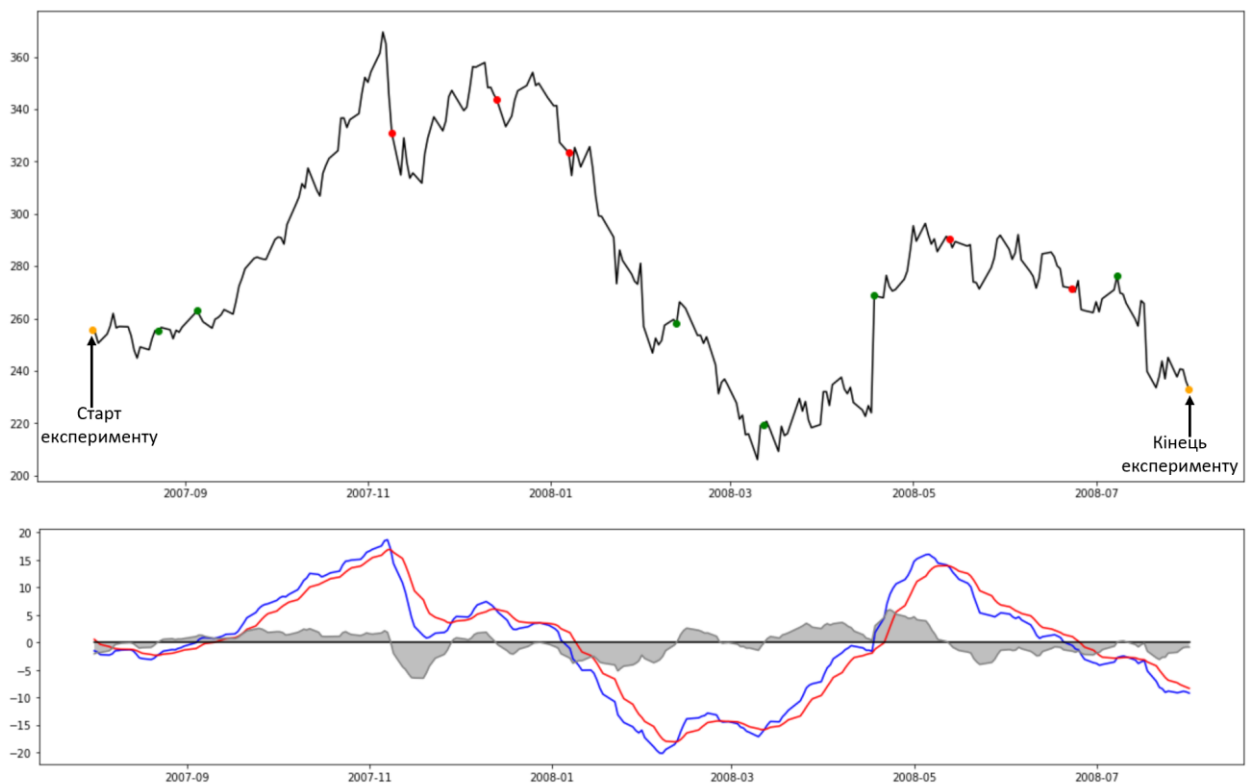


Рисунок 3.5 – Графік цін акцій, індикатору MACD та рекомендації системи під час першого експерименту

Проведемо експеримент декілька разів, використовуючи іншу ширину вікна. Результати запишемо у таблицю 3.1. Графіки експериментів 2, 3, 4 зображені на рисунках 3.6, 3.7, 3.8 відповідно.

Таблиця 3.1 – Результати роботи системи підтримки прийняття рішень під час кризи з різними показниками ширини ковзного середнього

Експеримент номер	1	2	3	4
Коротке ковзне середнє	12	5	8	18
Довге ковзне середнє	26	35	17	40
Сигнальне ковзне середнє	9	5	9	12
Кількість операцій	11	25	27	10
Кількість купівель акцій	6	12	15	4
Кількість продажів акцій	5	13	12	6
Сума за операції купівлі	15403.264	31883.044	41225.626	10148.012
Сума за операції продажів	15598.483	39257.054	35919.913	17722.870
Прибуток в абсолютних величинах	1402.996	3920.657	563.192	4121.505
Прибуток у відсотках	6.2%	17.2%	2.3%	18%

Найкращій результат індикатор MACD показав з параметрами (18, 40, 12) — 18%. Завдяки дуже широкому вікну ковзного середнього індикатор майже не реагував на короткі збурення. На другому місці індикатор з параметрами (5,35,5) з 17.2%, що є дуже добрим результатом. Він також має одне дуже широке ковзне вікно, а друге дуже вузьке. Через це, такі параметри виступають певним компромісом між індикаторами з довгими та короткими експоненційними лініями. Третім за показником прибутковості виявився індикатор зі стандартними параметрами (12, 26, 9). І найгіршим виявився індикатор з самими вузькими ковзними середніми (8, 17, 9). Він давав найбільше хибних прогнозів про зміну тенденції ринку.

Отже, під час кризи найбільш ефективними виявились індикатори з широкими ковзними середніми.



Рисунок 3.6 – Графік цін акцій, індикатору MACD та рекомендації системи під час другого експерименту



Рисунок 3.7 – Графік цін акцій, індикатору MACD та рекомендації системи під час третього експерименту

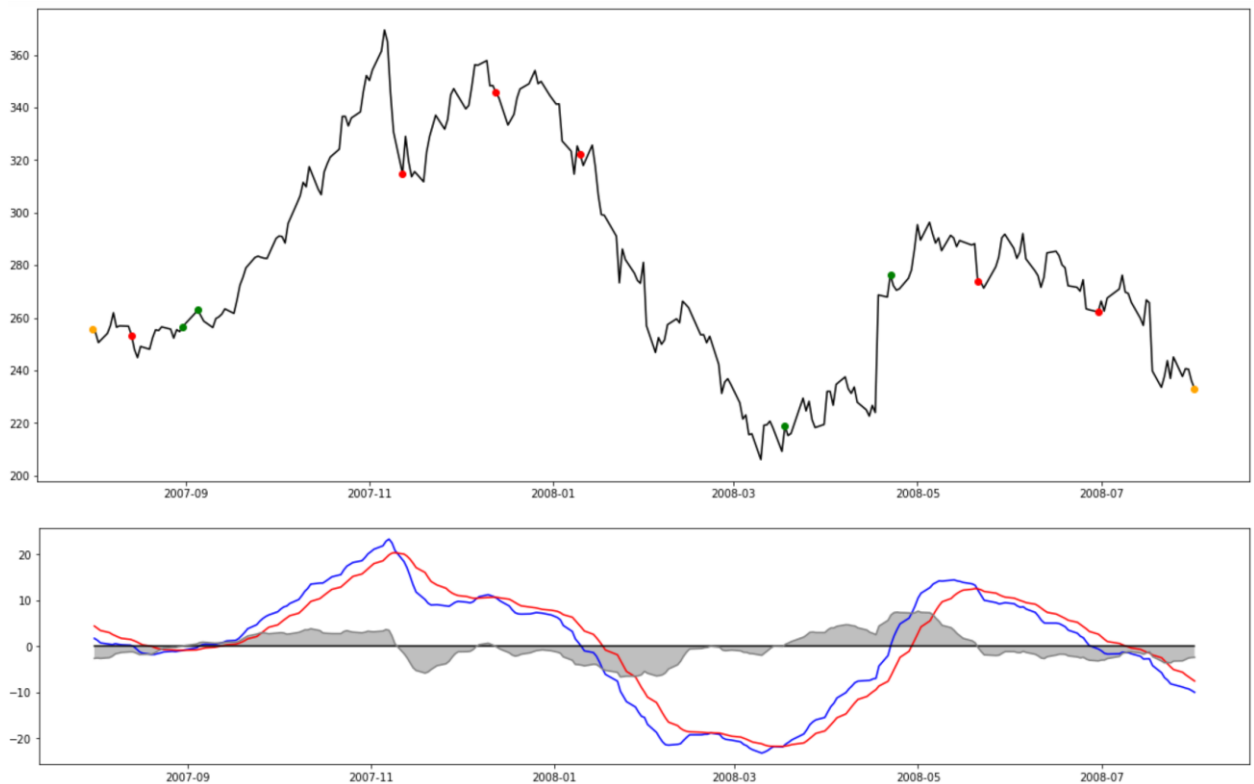


Рисунок 3.8– Графік цін акцій, індикатору MACD та рекомендації системи під час четвертого експерименту

3.1.2 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою індикатору MACD в час стабільної економіки

Проведемо експеримент: особа прийняття рішень отримує даний програмний продукт 1 лютого 2017 року і починає аналізувати ціну акцій компанії «Google» та робити рекомендовані системою дії. На старті в своєму розпорядженні особа прийняття рішень має 10 000 доларів США та 100 акцій компанії «Google» ціною 795.6950 долари. Нехай за одну рекомендацію системи прийняття рішень, особа прийняття рішень купуватиме або продаватиме 10 акцій, незалежно від їх ціни.

Розглянемо результат торгів при використанні індикатору MACD з шириною довгого вікна ковзного середнього 26 днів, короткого 12 днів, а

ковзне середнє сигнальної лінії дорівнює 9 днів. Процес проведення експерименту аналогічний експерименту в пункті 3.1.1. Графік результату експерименту зображено на рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 – Графік цін акцій, індикатору MACD та рекомендації системи під час першого експерименту

Проведемо експеримент декілька разів, використовуючи іншу ширину вікна. Результати запишемо у таблицю 3.2. Графіки експериментів 2, 3, 4 зображені на рисунках 3.10, 3.11, 3.12 відповідно.

Таблиця 3.2 – Результати роботи системи підтримки прийняття рішень в час стабільності з різними показниками ширини ковзного середнього

Експеримент номер	1	2	3	4
Коротке ковзне середнє	12	5	8	18
Довге ковзне середнє	26	35	17	40
Сигнальне ковзне середнє	9	5	9	12
Кількість операцій	22	30	35	14
Кількість купівель акцій	8	10	13	4
Кількість продажів акцій	14	20	22	10
Сума за операції купівлі	73087.899	91354.699	127048.10	37642.400
Сума за операції продажів	113303.19	187746.99	205379.09	94375.451
Прибуток в абсолютних величинах	32733.698	25822.799	19438.498	32871.548
Прибуток у відсотках	40.6%	32%	24.1%	40.7%

Знову найкращій показник прибутковості індикатор MACD має з коефіцієнтами (18, 40, 12). Це зумовлено тим, що через широкі експоненційні ковзні середні відбулось небагато операцій продажу акцій, які дуже підросли під кінець експерименту. Другим по прибутковості, недалеко від першого, виявився стандартний MACD з коефіцієнтами (12, 26, 9). Він краще за інші вгадував коливання ціни. На третьому місці маємо збалансований індикатор з коефіцієнтами (5, 35, 5). Останнім за прибутковістю виявився індикатор з короткими ковзними вікнами (8, 17, 9), оскільки він сильно реагував на малі зміни, хоч ринок залишався зростаючим.

Під час стабільної економіки та зростанні ціни на акції виявилось, що вигідно просто скупити та тримати акції, бо вони виростуть у ціні. Але також вигідно було використовувати індикатор MACD зі стандартними параметрами (12, 26, 9). Це надійніше, бо постійний аналіз ринку сигналізуватиме про його зміни і допоможе прийняти правильне рішення щодо інвестування.



Рисунок 3.10 – Графік цін акцій, індикатору MACD та рекомендації системи під час другого експерименту



Рисунок 3.11 – Графік цін акцій, індикатору MACD та рекомендації системи під час третього експерименту



Рисунок 3.12 – Графік цін акцій, індикатору MACD та рекомендації системи під час четвертого експерименту

3.2 Реалізація індикатору RSI для підтримки прийняття рішень, його варіації та аналіз результатів

Суть роботи індикатору RSI була наведена вище. Робота програми для підтримки прийняття рішень за допомогою методу RSI відбувається наступним чином:

1. Завантажуються дані ціни акцій.
2. Порівняння нинішньої ціни з попередньою.
3. Підраховується експоненційне ковзне середнє руху цін вгору.
4. Підраховується експоненційне ковзне середнє руху цін донизу.
5. Вираховується RS — відношення зросту цін до їх падіння.
6. Підраховується сам індекс RSI.
7. Виставляються лінії перекупленості та перепроданості.

8. Виводиться рекомендація продавати акції, якщо значення індикатору RSI перетинає верхню лінію перекупленості зверху донизу.

9. Виводиться рекомендація купувати акції, якщо значення індикатору RSI перетинає нижню лінію перепроданості знизу доверху.

10. Виведення результату.

Блок-схема алгоритму наведена на рисунку 3.13.

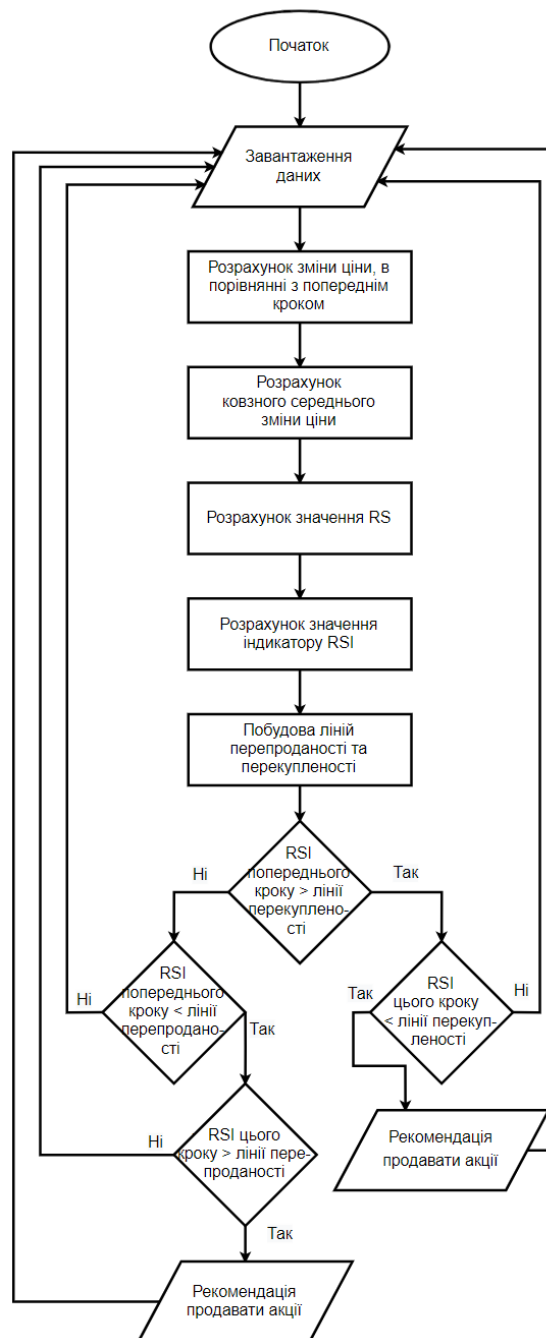


Рисунок 3.13 – Блок-схема реалізації алгоритму підтримки прийняття рішень за допомогою індикатору RSI

Для дослідження було обрано дані вартості акцій компанії «Google» з 2004 по 2020 роки. Дані взяті з сайту «finance.yahoo.com». Розглянемо два відрізки часу: перший під час економічної кризи з 1.08.2007 по 1.08.2008, другий стабільний для економіки час з 1.02.2017 по 1.02.2018

Також дослідимо вплив ширини вікна ковзних середніх при розрахунку RS та різні значення сигнальної лінії на рекомендації для прийняття рішень щодо купівлі/продажу акцій.

3.2.1 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою індикатору RSI під час кризи

Проведемо експеримент: особа прийняття рішень отримує даний програмний продукт 1 серпня 2007 року і починає аналізувати ціну акцій компанії «Google» та робити рекомендовані системою дії. На старті в своєму розпорядженні особа прийняття рішень має 10 000 доларів США та 50 акцій компанії «Google» ціною 255.5122 долари. Нехай за одну рекомендацію системи прийняття рішень, особа прийняття рішень купуватиме або продаватиме 10 акцій, незалежно від їх ціни.

Розглянемо процес та результат торгів при використанні індикатору RSI з шириною ковзного середнього 14 днів, лінією перекупленості на рівні 70, а рівень перепроданості дорівнює 30. Процес проведення експерименту аналогічний експерименту в пункті 3.1.1. Результати експерименту наведені на рисунку 3.14



Рисунок 3.14 – Графік цін акцій, індикатору RSI та рекомендації системи під час першого експерименту

Проведемо експеримент декілька разів повторно, використовуючи різну ширину вікна та сигнальні лінії. Результат запишемо у таблицю 3.3. Графіки експериментів 2, 3, 4 зображені на рисунках 3.14, 3.15, 3.16 відповідно.

Таблиця 3.3 – Результати роботи системи підтримки прийняття рішень під час кризи з різними показниками ширини ковзного середнього та ліній перекупленості й перепроданості

Експеримент номер	1	2	3	4
Ковзне середнє	14	14	5	25
Лінія перепроданості	70	80	70	75
Лінія перекупленості	30	20	30	25
Кількість операцій	19	12	35	8
Кількість купівель акцій	13	6	18	4

Продовження таблиці 3.3

Експеримент номер	1	2	3	4
Кількість продажів акцій	6	6	17	4
Сума за операції купівлі	34463.373	15416.664	47890.245	9807.389
Сума за операції продажів	19081.179	18572.236	50737.124	1232.5152
Прибуток в абсолютних величинах	-191.030	2032.783	1957.1473	1394.974
Прибуток у відсотках	-0.8%	8.9%	8.5%	6.1%

Найкращім результат по прибутковості показав індикатор RSI з коефіцієнтами (14, 80, 20), прибуток відсотках складає 8.9%. Це модифікований стандартний індикатор з розбірними лініями перепроданості та перекупленості. На другому місці по прибутковості знаходиться індикатор з коефіцієнтами (5, 70, 30), прибуток відсотках складає 8.5%. Далі, з показником 6.1% прибутку маємо індикатор з коефіцієнтами (5, 75, 25). І найгіршим виявився індикатор RSI з стандартними коефіцієнтами, де особа прийняття рішень отримала збитки. Прибуток відсотках від'ємний і складає 0.8%.

Такі показники індикатору RSI зумовлені тим, що метод намагається передбачити зміну тенденції, а в умовах кризи чи інших довгострокових трендах, зміна напрямку руху ціни не відбувається так часто.



Рисунок 3.15 – Графік цін акцій, індикатору RSI та рекомендації системи під час другого експерименту

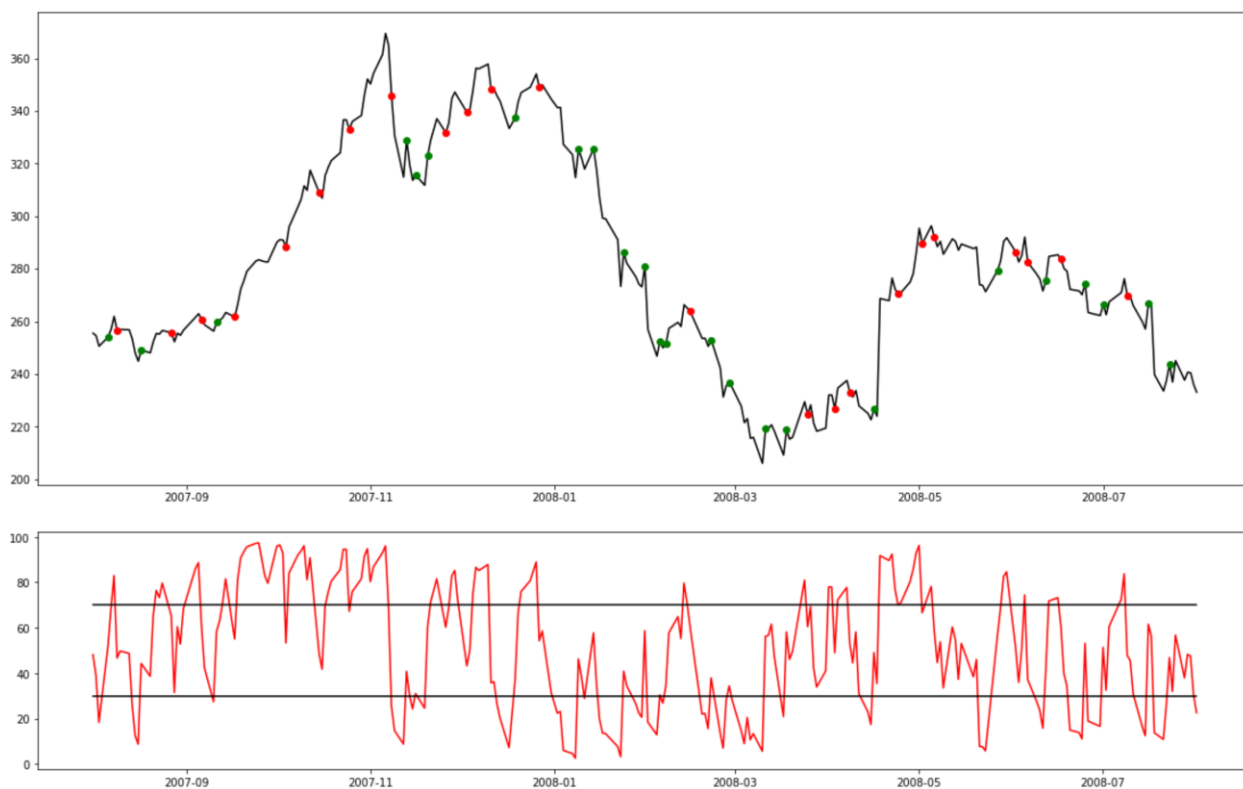


Рисунок 3.16 – Графік цін акцій, індикатору RSI та рекомендації системи під час третього експерименту



Рисунок 3.17 – Графік цін акцій, індикатору RSI та рекомендації системи під час четвертого експерименту

3.2.2 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою індикатору RSI в час стабільної економіки

Проведемо експеримент: особа прийняття рішень отримує даний програмний продукт 1 лютого 2017 року і починає аналізувати ціну акцій компанії «Google» та робити рекомендовані системою дії. На старті в своєму розпорядженні особа прийняття рішень має 10 000 доларів США та 100 акцій компанії «Google» ціною 795.6950 долари. Нехай за одну рекомендацію системи прийняття рішень, особа прийняття рішень купуватиме або продаватиме 10 акцій, незалежно від їх ціни.

Розглянемо процес та результат торгів при використанні індикатору RSI з шириною ковзного середнього 14 днів, лінією перекупленості на рівні 70, а

рівень перепроданості дорівнює 30. Процес проведення експерименту аналогічний експерименту в пункті 3.1.1. Результати експерименту наведені на рисунок 3.18.

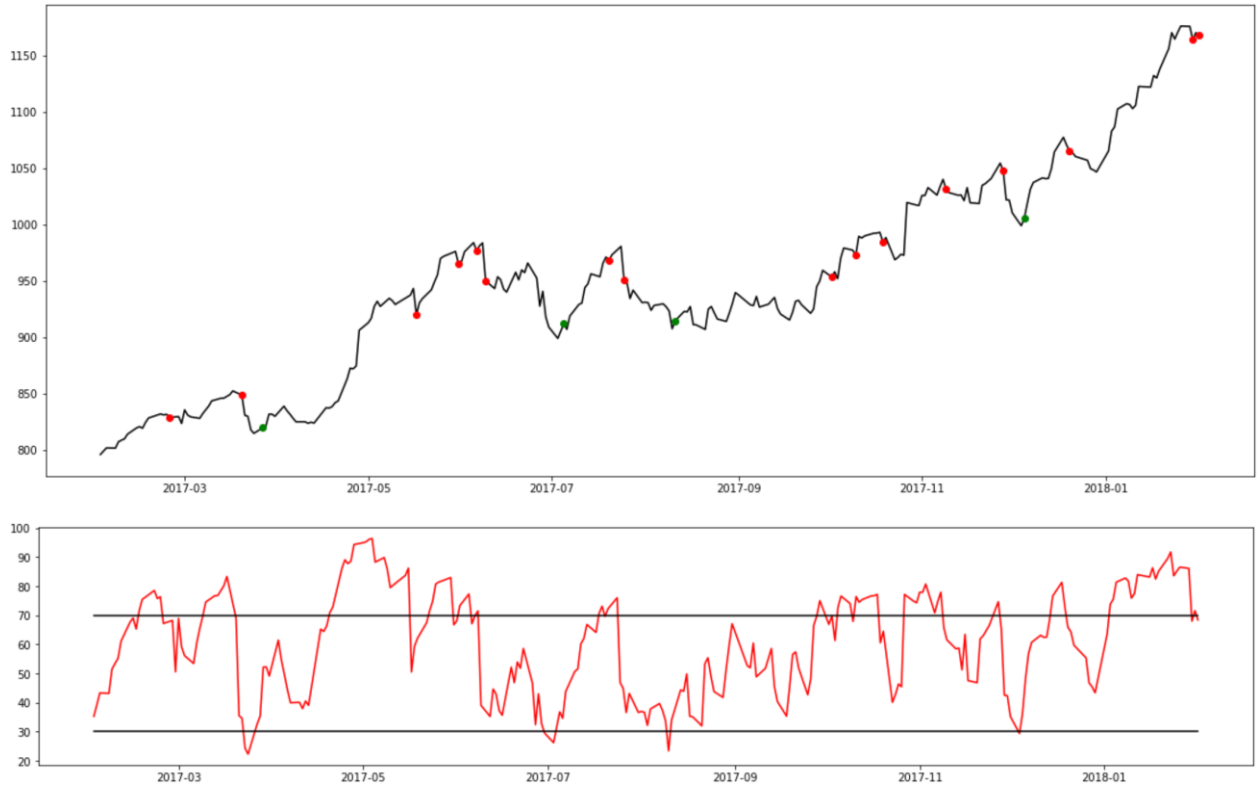


Рисунок 3.18 – Графік цін акцій, індикатору RSI та рекомендації системи під час першого експерименту

Проведемо експеримент декілька разів повторно, використовуючи різну ширину вікна та сигнальні лінії. Результат запишемо у таблицю 3.4. Графіки експериментів 2, 3, 4 зображені на рисунках 3.18, 3.19, 3.20 відповідно.

Таблиця 3.4 – Результати роботи системи підтримки прийняття рішень в час стабільності з різними показниками ширини ковзного середнього та ліній перекупленості й перепроданості

Експеримент номер	1	2	3	4
Ковзне середнє	14	14	5	25
Лінія перепроданості	70	80	70	75
Лінія перекупленості	30	20	30	25
Кількість операцій	20	8	46	6
Кількість купівель акцій	5	0	21	0
Кількість продажів акцій	15	8	25	6
Сума за операції купівлі	37571.230	0	194303.60	0
Сума за операції продажів	156857.36	80245.400	236988.80	61568.999
Прибуток в абсолютних величинах	48716.639	33029.899	42177.697	37707.497
Прибуток у відсотках	60%	40.9%	52.3%	46.8%

Найкращій показник прибутковості у індикатора RSI зі стандартними коефіцієнтами (14, 70, 30), з прибутком у відсотках 60%. Добре реагував на зміни ринку. Другим виявився індикатор з коефіцієнтами (5, 70, 30), з прибутком у відсотках 52.3%. Наступними були індикатори з коефіцієнтами (25, 75, 25) та (14, 80, 20) з прибутком у відсотках 46.8% та 40.9% відповідно. Ці індикатори не радили купляти акції за весь проміжок часу.

Індикатор RSI зі стандартними коефіцієнтами добре реагував на зміни ринку. Незважаючи на те, що під час кризи він показав найгірший результат, під час стабільності і зростання акцій, він проявив себе найкраще.

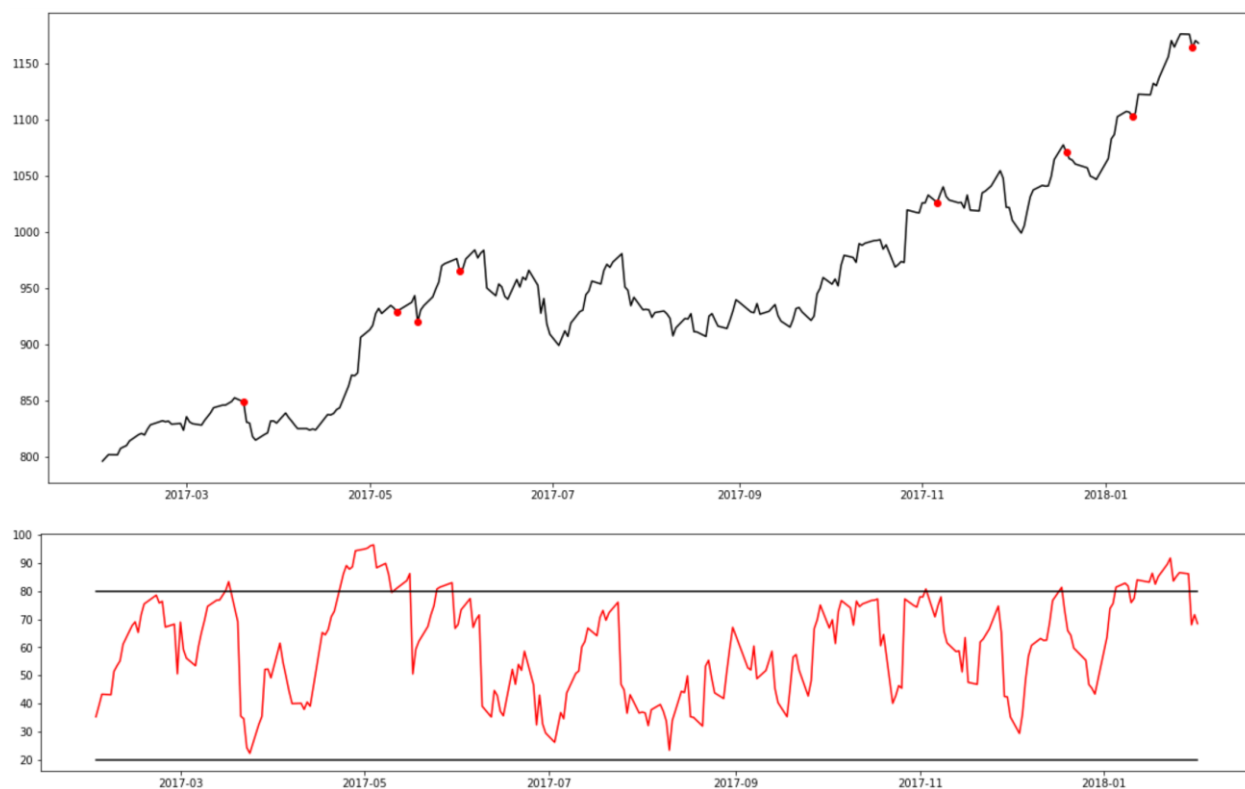


Рисунок 3.19 – Графік цін акцій, індикатору RSI та рекомендації системи під час другого експерименту

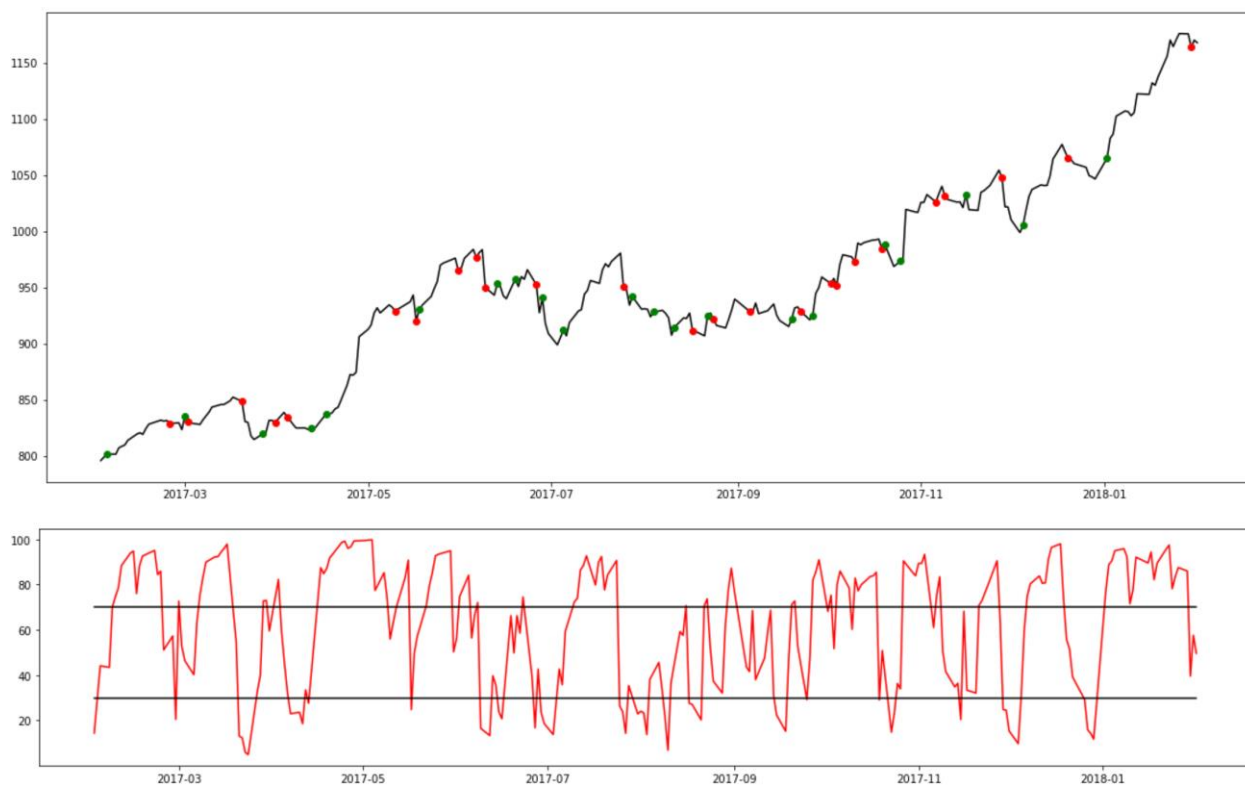


Рисунок 3.20 – Графік цін акцій, індикатору RSI та рекомендації системи під час третього експерименту



Рисунок 3.21 – Графік цін акцій, індикатору RSI та рекомендації системи під час четвертого експерименту

3.3 Реалізація власних методів комбінації індикаторів MACD та RSI для підтримки прийняття рішень, їх варіації та аналіз результатів

Використовуючи принципи роботи персептрона та логістичну функцію гіперболічний тангенс (рисунок 3.22) з розділу 2.5, було розроблено два методи комбінування індикаторів MACD та RSI.

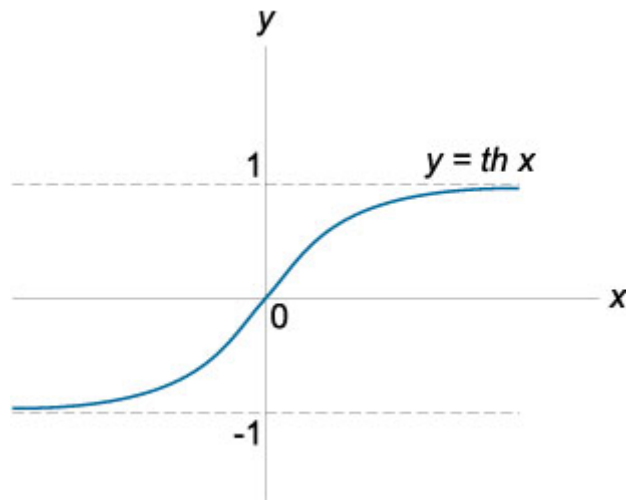


Рисунок 3.22 Гіперболічний тангенс

3.3.1 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою розробленого методу 1

Суть першого методу полягає у підтвердженні сигналу до купівлі або продажу акцій двома індикаторами. Робота програми для підтримки прийняття рішень за першим методом відбувається наступним чином:

1. Підгружаються дані ціни акцій.
2. Підраховуються індикатори MACD та RSI та їх рекомендації.
3. Кожна рекомендація купувати або продавати додає або віднімає 0.5 відповідно, від параметра a .
4. Параметр a подається на гіперболічний тангенс.
5. Якщо сигнал на логістичній функції перевищує 0.55 – метод рекомендує купляти акції.
6. Якщо сигнал на логістичній функції менше за -0.55 – метод рекомендує продавати акції.
7. Коефіцієнт a послабляється з кожним днем у 0.7 раз.
8. Виведення результату.

Проведемо експеримент аналогічний експериментам в розділах 3.1.1 та 3.2.1. Особа прийняття рішень отримує даний програмний продукт 1 серпня 2007 року і починає аналізувати ціну акцій компанії «Google» та робити рекомендовані системою дії. На старті в своєму розпорядженні особа прийняття рішень має 10 000 доларів США та 50 акцій компанії «Google» ціною 255.5122 долари. Нехай за одну рекомендацію системи прийняття рішень, особа прийняття рішень купуватиме або продаватиме 10 акцій, незалежно від їх ціни.

Будемо комбінувати індикатори MACD та RSI так, як вони відповідають номерам експериментів в розділах. Результат запишемо у таблицю 3.4. Графіки експериментів 1, 2, 3, 4 зображені на рисунках 3.23, 3.24, 3.25, 3.26 відповідно.

Таблиця 3.5 – Результати роботи системи підтримки прийняття рішень в час кризи з використанням першого розробленого методу

Експеримент номер	1	2	3	4
Коротке ковзне середнє MACD	12	5	8	18
Довге ковзне середнє MACD	26	35	17	40
Сигнальне ковзне середнє MACD	9	5	9	12
Кількість операцій MACD	11	25	27	10
Кількість купівель акцій MACD	6	12	15	4
Кількість продажів акцій MACD	5	13	12	6
Сума за операції купівлі MACD	15403.264	31883.044	41225.626	10148.012

Продовження таблиці 3.5

Експеримент номер	1	2	3	4
Сума за операції продажів MACD	15598.483	39257.054	35919.913	17722.870
Прибуток в абсолютних величинах MACD	1402.996	3920.657	563.192	4121.505
Прибуток у відсотках MACD	6.2%	17.2%	2.3%	18%
Ковзне середнє RSI	14	14	5	25
Лінія перепроданості RSI	70	80	70	75
Лінія перекупленості RSI	30	20	30	25
Кількість операцій RSI	19	12	35	8
Кількість купівель акцій RSI	13	6	18	4
Кількість продажів акцій RSI	6	6	17	4
Сума за операції купівлі RSI	34463.373	15416.664	47890.245	9807.389
Сума за операції продажів RSI	19081.179	18572.236	50737.124	1232.5152
Прибуток в абсолютних величинах RSI	-191.030	2032.783	1957.1473	1394.974
Прибуток у відсотках RSI	-0.8%	8.9%	8.5%	6.1%
Кількість операцій методу 1	8	10	26	3
Кількість купівель акцій методу 1	4	3	14	2
Кількість продажів акцій методу 1	4	7	12	1
Сума за операції купівлі методу 1	9512.445	9482.009	36909.504	4820.132
Сума за операції продажів методу 1	13131.43	20982.452	36092.765	3148.548

Продовження таблиці 3.5

Експеримент номер	1	2	3	4
Прибуток в абсолютних величинах методу 1	2496.197	1055.397	2721.602	-463.807
Прибуток у відсотках методу 1	10.9%	4.6%	11.9%	-2%

Найвдалішою виявилась комбінація індексів MACD та RSI з коефіцієнтами (8,17,9) та (5, 70, 30). Це дало прибуток у 11.9%. Зауважимо, що окремо ці методи показували вельми посередні результати. Друге місце по прибутку зайняла комбінація двох стандартних індикаторів MACD(12, 26, 9) та RSI(14, 70, 30). Далі йде комбінація індикаторів з коефіцієнтами MACD(5, 35, 5) та RSI(14, 80, 20) з прибутком у 4.6%. І найгірше себе показала комбінація MACD(18, 40, 12) та RSI(25, 75, 25). Вони дали збитки у 2%, хоча самі методи окремо показували непоганий результат.



Рисунок 3.23 – Графік цін акцій, індикатору MACD, RSI, методу 1 та рекомендації системи під час першого експерименту

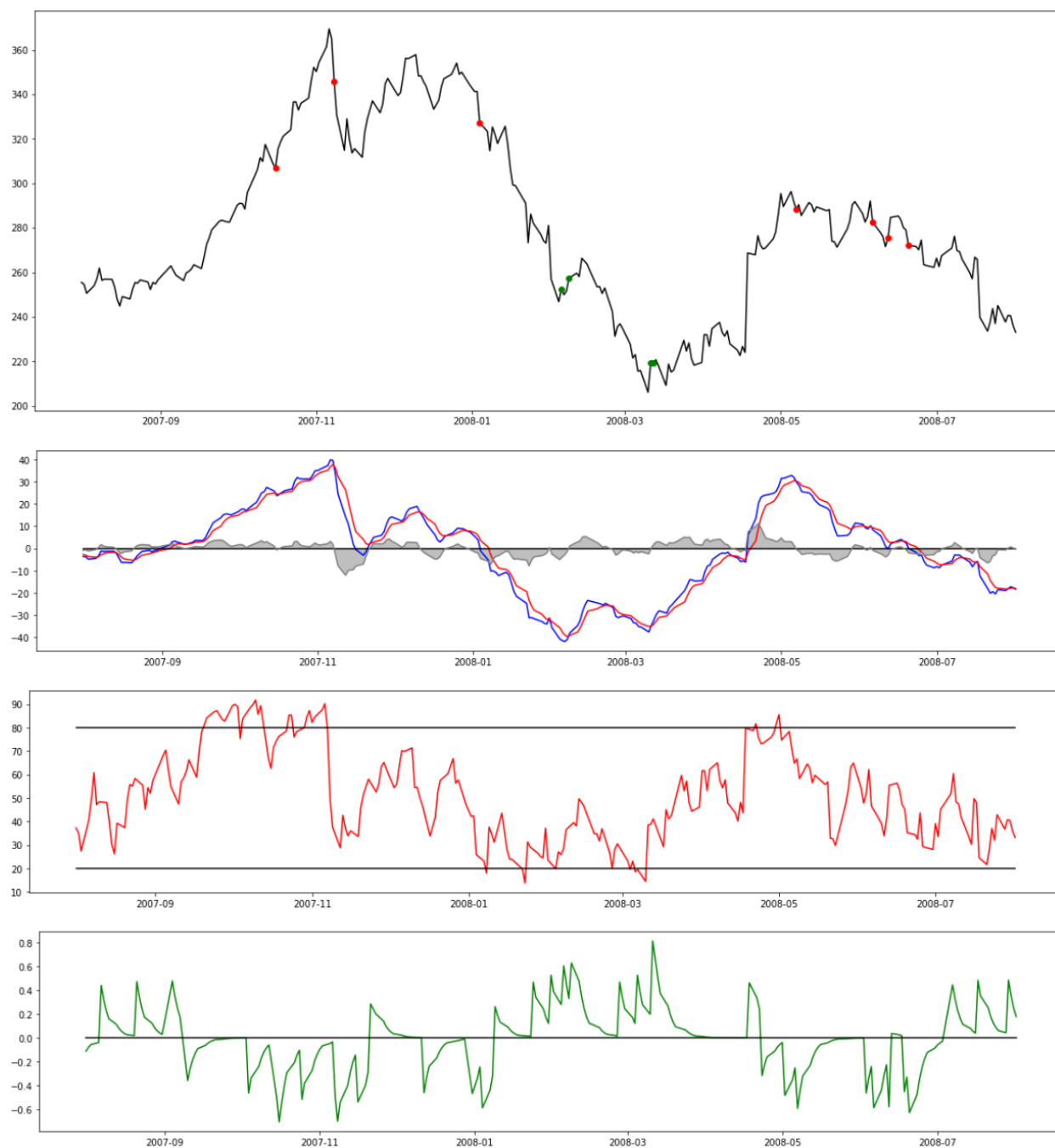


Рисунок 3.24 – Графік цін акцій, індикатору MACD, RSI, методу 1 та рекомендації системи під час другого експерименту

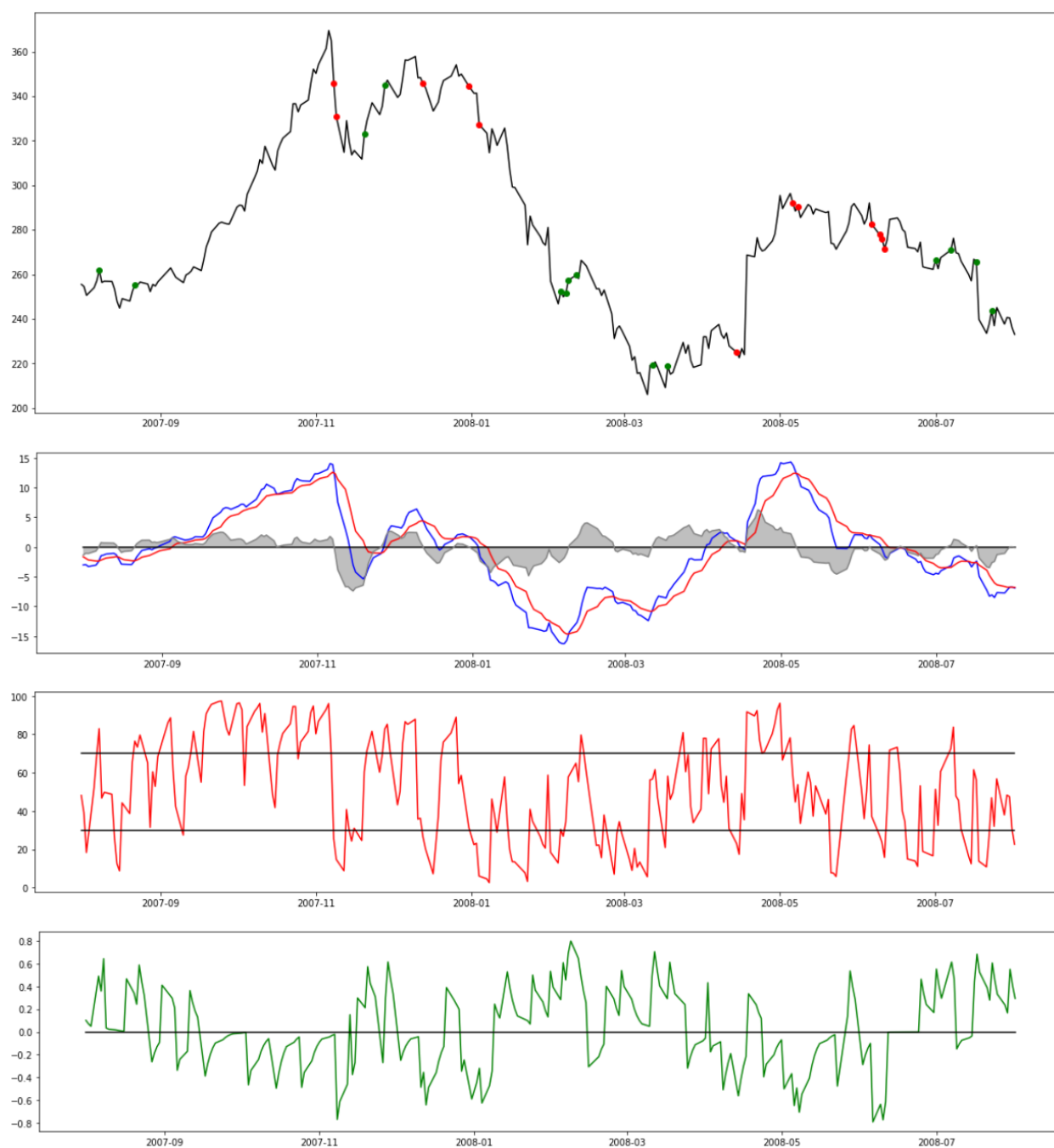


Рисунок 3.25 – Графік цін акцій, індикатору MACD, RSI, методу 1 та рекомендації системи під час третього експерименту

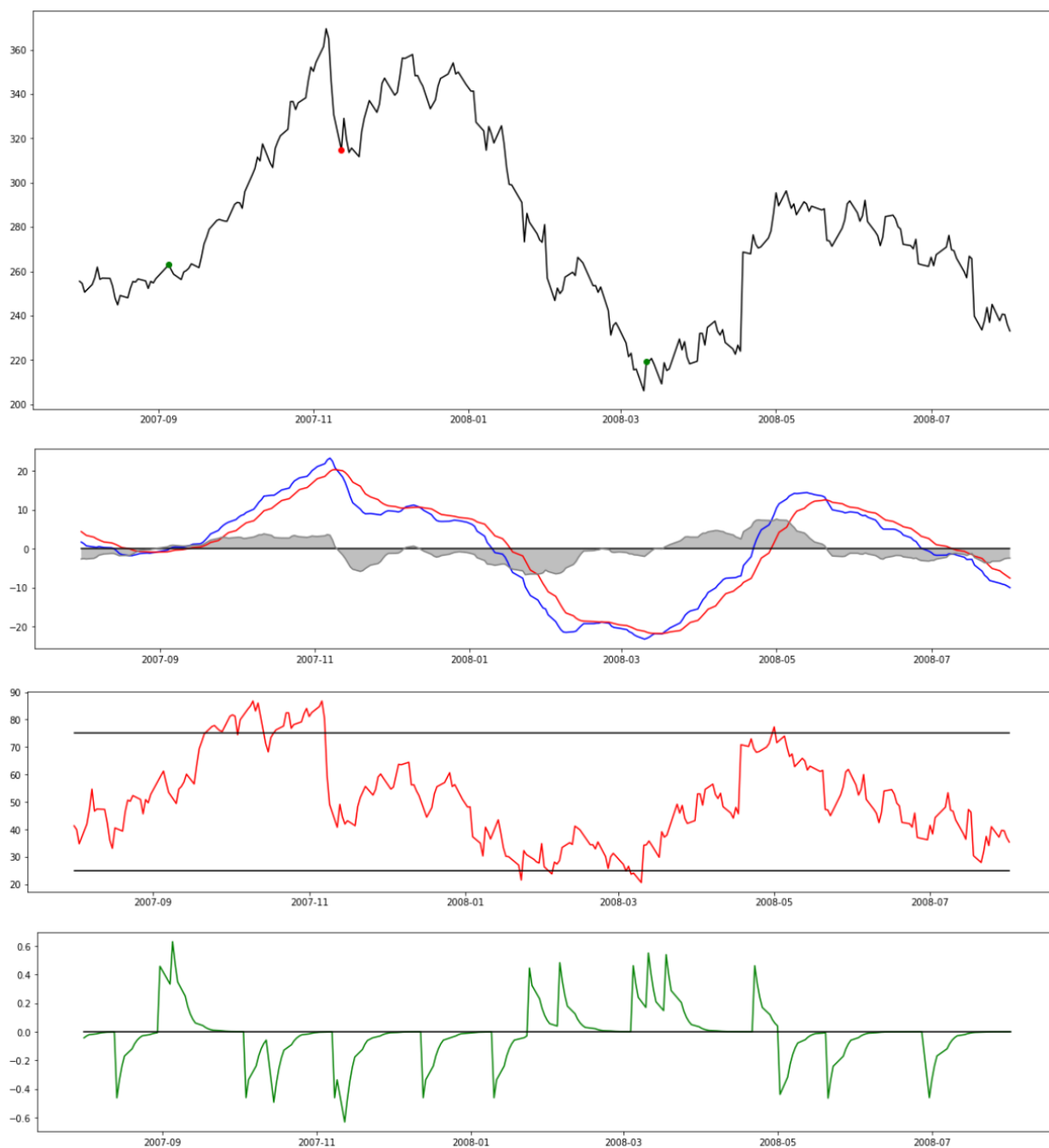


Рисунок 3.26 – Графік цін акцій, індикатору MACD, RSI, методу 1 та рекомендації системи під час четвертого експерименту

3.3.2 Моделювання та аналіз результатів роботи системи підтримки прийняття рішень за допомогою розробленого методу 2

Суть другого методу полягає у змішуванні сигналів до купівлі або продажу акцій двома індикаторами. На вхід подається перетворені сигнали індикаторів MACD та RSI помножені на вагові коефіцієнти. Далі вони додаються та подаються на гіперболічний тангенс.

Робота програми для підтримки прийняття рішень за другим методом відбувається наступним чином:

1. Завантажуються дані ціни акцій.
2. Підраховуються індикатори MACD та RSI та їх рекомендації.
3. Якщо лінія MACD більше нуля та знаходиться вище сигнальної лінії, то чим ближче вона до сигнальної лінії, тим сильніше сигнал продавати.
4. Якщо лінія MACD менше нуля та знаходиться нижче сигнальної лінії, то чим ближче вона до сигнальної лінії, тим сильніше сигнал купувати.
5. Якщо лінія RSI більше лінії перекупленості, то ближче вона до лінії перекупленості, тим сильніше сигнал продавати.
6. Якщо лінія RSI менше лінії перепроданості, то ближче вона до лінії перекупленості, тим сильніше сигнал продавати.
7. Перетворені сигнали MACD та RSI множаться на вагові коефіцієнти та додаються.
8. Сума сигналів подається на гіперболічний тангенс, якщо сигнал вище коефіцієнту a – купувати, якщо нижче коефіцієнту $-a$ – продавати.
9. Виведення результату.

Проведемо експеримент аналогічний експериментам в розділах 3.1.1 та 3.2.1. Особа прийняття рішень отримує даний програмний продукт 1 серпня 2007 року і починає аналізувати ціну акцій компанії «Google» та робити рекомендовані системою дії. На старті в своєму розпорядженні особа прийняття рішень має 10 000 доларів США та 50 акцій компанії «Google»

ціною 255.5122 долари. Нехай за одну рекомендацію системи прийняття рішень, особа прийняття рішень купуватиме або продаватиме 10 акцій, незалежно від їх ціни.

Будемо комбінувати продавати MACD та RSI так, як вони відповідають номерам експериментів в розділах. Вагові коефіцієнти братимемо рівними 1. Результат вивидемо у таблицю 3.4. Графіки експериментів 1, 2, 3, 4 зображені на рисунках 3.27, 3.28, 3.29, 3.30 відповідно.

Таблиця 3.6 Результати роботи системи підтримки прийняття рішень в час кризи з використанням другого розробленого методу

Експеримент номер	1	2	3	4
Коротке ковзне середнє MACD	12	5	8	18
Довге ковзне середнє MACD	26	35	17	40
Сигнальне ковзне середнє MACD	9	5	9	12
Кількість операцій MACD	11	25	27	10
Кількість купівель акцій MACD	6	12	15	4
Кількість продажів акцій MACD	5	13	12	6
Сума за операції купівлі MACD	15403.264	31883.044	41225.626	10148.012
Сума за операції продажів MACD	15598.483	39257.054	35919.913	17722.870
Прибуток в абсолютних величинах MACD	1402.996	3920.657	563.192	4121.505
Прибуток у відсотках MACD	6.2%	17.2%	2.3%	18%

Продовження таблиці 3.6

Експеримент номер	1	2	3	4
Ковзне середнє RSI	14	14	5	25
Лінія перепроданості RSI	70	80	70	75
Лінія перекупленості RSI	30	20	30	25
Кількість операцій RSI	19	12	35	8
Кількість купівель акцій RSI	13	6	18	4
Кількість продажів акцій RSI	6	6	17	4
Сума за операції купівлі RSI	34463.373	15416.664	47890.245	9807.389
Сума за операції продажів RSI	19081.179	18572.236	50737.124	1232.5152
Прибуток в абсолютних величинах RSI	-191.030	2032.783	1957.1473	1394.974
Прибуток у відсотках RSI	-0.8%	8.9%	8.5%	6.1%
Коефіцієнт α методу 2	0.65	0.65	0.75	0.55
Кількість операцій методу 2	12	12	5	12
Кількість купівель акцій методу 2	9	9	0	8
Кількість продажів акцій методу 2	3	3	5	4
Сума за операції купівлі методу 2	10799.072	10799.072	0	9731.822
Сума за операції продажів методу 2	28340.871	30111.833	15081.968	25355.411
Прибуток в абсолютних величинах методу 2	2435.624	4206.586	25081.968	5178.543
Прибуток у відсотках методу 2	10.6%	18%	10.1%	22.7%

Найкращою виявилась комбінація індикаторів MACD та RSI з коефіцієнтами (18, 40, 12) та (25, 75, 25). Прибуток у відсотках склав 22.7%. Ця комбінація значно краще за комбінацію методом 1. Другою за прибутком виявилась комбінація MACD(5, 35, 5) та RSI(14, 70, 30). Прибуток у відсотках склав 18%. Третьою є комбінація стандартних коефіцієнтів для індикаторів MACD та RSI, (12, 26, 9) та (14, 70, 30) відповідно, з прибутком у 10.6%. І останньою з невеликим відривом виявилась комбінація MACD(8, 17, 9) та RSI(5, 70, 30).

Загалом комбінація індикаторів методом 2 показала кращі результати, за метод 1. Взагалі метод 2 виявився значно кращім за застосування двох індикаторів окремо. Взагалі метод 2 можна вдосконалити і добитись ще кращих результатів змінивши вагові коефіцієнти методом навчання перцептрона.



Рисунок 3.27 – Графік цін акцій, індикатору MACD, RSI, методу 2 та рекомендації системи під час першого експерименту



Рисунок 3.28 – Графік цін акцій, індикатору MACD, RSI, методу 2 та рекомендації системи під час другого експерименту



Рисунок 3.29 – Графік цін акцій, індикатору MACD, RSI, методу 2 та рекомендації системи під час третього експерименту



Рисунок 3.30 – Графік цін акцій, індикатору MACD, RSI, методу 2 та рекомендації системи під час четвертого експерименту

3.4 Висновки з розділу 3

Було розроблено програмний продукт — система підтримки прийняття рішень. Реалізовано індикатори технічного аналізу MACD та RSI. Проведено ряд експериментів по роботі системи підтримки прийняття рішень з даними ціни акцій під час кризи та під час стабільної економіки. Досліджено кількість отриманого прибутку в залежності від коефіцієнтів індикаторів. Результат експериментів було виведено в порівняльні таблиці та проаналізовано. Також було розроблено два методи для комбінації сигналів індикаторів з використанням логістичної функції та принципів роботи персептрона.

Найкращими коефіцієнтами під час кризи виявились (18, 40, 12) для MACD та (14, 80, 20) для RSI. Під час стабільної економіки краще за все система підтримки прийняття рішень проявила себе з коефіцієнтами MACD(18, 40, 12) та RSI(14, 70, 30). Кращою комбінацією коефіцієнтів індикаторів для першого розробленого методу виявились MACD(8, 17, 9) та RSI(5, 70, 30). Для другого методу найбільший прибуток показала комбінація MACD(18, 40, 12) та RSI(25, 75, 25). Другий розроблений метод при всіх коефіцієнтах в результаті показав більший прибуток ніж кожний індикатор окремо.

РОЗДІЛ 4 ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ

4.1 Постановка завдання програмного продукту

У роботі застосовується метод функціонально-вартісного аналізу для проведення техніко-економічного аналізу розробки програмного продукту.

Відповідно до цього варто обирати систему показників якості програмного продукту.

Технічні вимоги до продукту наступні:

- програмний продукт повинен функціонувати на персональних комп'ютерах;
- програмний продукт має мати зручний та ергономічний інтерфейс для відображення роботи методів;
- програмний продукт має забезпечувати високу швидкість обробки даних;
- програмний продукт має передбачати мінімальні витрати на впровадження програмного продукту.

4.2 Обґрунтування функцій програмного продукту

Головна функція F_0 – розробка програмного продукту, який аналізує процес за вхідними даними та будує його модель для подальшої побудови раціону харчування. Виходячи з конкретної мети, можна виділити наступні основні функції ПП:

- F_1 – вибір мови програмування;
- F_2 – вибір способу формування рекомендованого рішення;

- F_3 – інтерфейс користувача.

Кожна з основних функцій може мати декілька варіантів реалізації.

Функція F_1 :

- мова програмування Python;
- мова програмування C++;

Функція F_2 :

- вибір одного індикатору;
- можливість комбінувати індикатори;

Функція F_3 :

- інтерфейс користувача створений за допомогою бібліотеки `matplotlib.pyplot`;
- інтерфейс користувача створений за допомогою бібліотеки GTK.

Варіанти реалізації основних функцій наведені у морфологічній карті системи (рис. 4.1). На основі цієї карти побудовано позитивно-негативну матрицю варіантів основних функцій (таблиця 4.1).

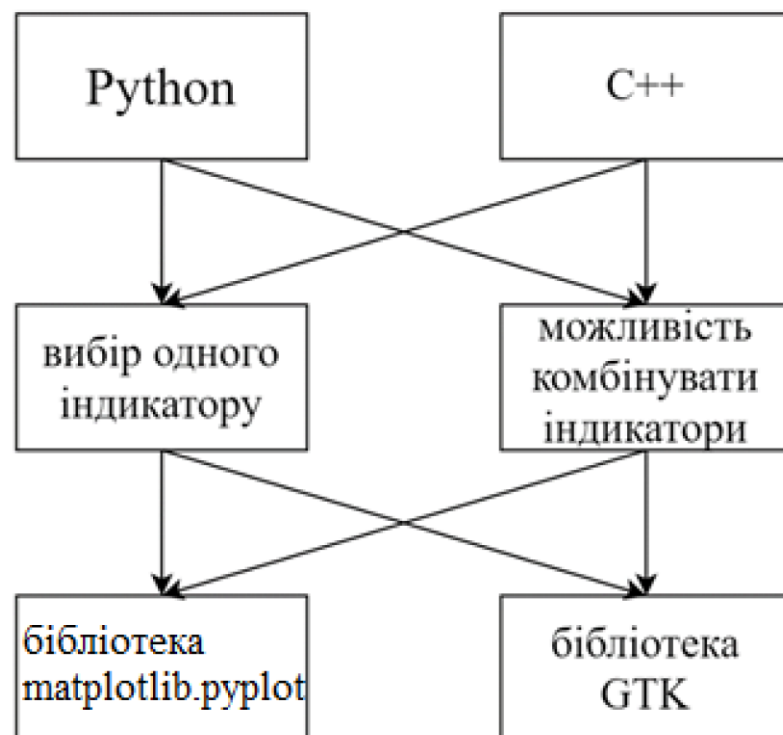


Рис 4.1 – Морфологічна карта

Таблиця 4. 1 – Позитивно негативна матриця

Основні функції	Варіанти реалізації	Переваги	Недоліки
F_1	А	Займає менше часу при написанні коду, зручність та легкість допрацювання	Повільна швидкість роботи
	Б	Велика швидкість роботи та оптимізованість для різних платформ	Займає багато часу при написанні коду, висока вартість роботи
F_2	А	Простий у реалізації	Великий ризик помилки
	Б	Дозволяє отримати більш зважені рекомендації для прийняття рішень	Займає більше часу для написання коду
F_3	А	Простий та швидкий у реалізації	Обмежений функціонал
	Б	Стабільний у використанні	Необхідна додаткова інсталяція

За аналізом позитивно-негативної матриці можна зробити висновок, що при розробці програмного продукту деякі варіанти реалізації функцій потрібно відкинути, бо вони не відповідають поставленій перед програмним продуктом меті.

Функція F_1 :

Оскільки Python є дуже зручним для роботи з даними та має більший потенціал для покращення – обираємо варіант.

Функція F_2 :

Оскільки ми прагнемо зменшити ризики інвестування для особи прийняття рішень, то обираємо варіант Б.

Функція F_3 :

Бібліотека для створення інтерфейсу не є значущою у даному програмному продукті, тому розглянемо обидва варіанти А та Б.

Таким чином, будемо розглядати такий варіант реалізації ПП:

1. $F_{1a} — F_{2б} — F_{3a}$
2. $F_{1a} — F_{2б} — F_{3б}$.

Функція F_3 залежить від двох параметрів X_3 і X_4 (опис даних параметрів наведено в таблиці 4.2).

Для оцінювання функцій обрана система параметрів (табл. 5.2), де визначені гірші, середні і кращі значення параметрів обираємо на основі вимог замовника й умов експлуатації.

Таблиця 4.2 – Основні параметри програмного продукту

Назва Параметра	Умовні позначення	Одиниці виміру	Значення параметра		
			гірші	середні	кращі
Швидкодія мови програмування	X_1	нс/Оп	200	90	1
Об'єм пам'яті для коректної роботи	X_2	Мб	32	16	8
Час обробки даних алгоритмом	X_3	мс	750	340	70
Потенційний об'єм програмного коду	X_4	кількість рядків коду	1200	800	500

За даними таблиці 4.2 побудували графічні характеристики параметрів (рис 4.2, рис 4.3, рис 4.4, рис. 4.5).

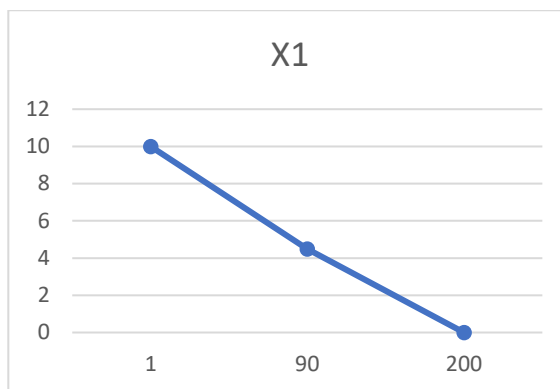


Рисунок 4.2 – Значення параметру X1

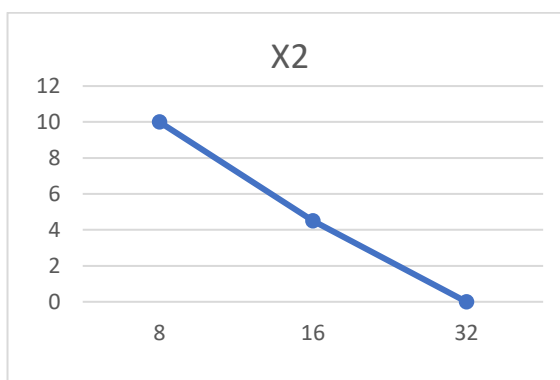


Рисунок 4.3 – Значення параметру X2

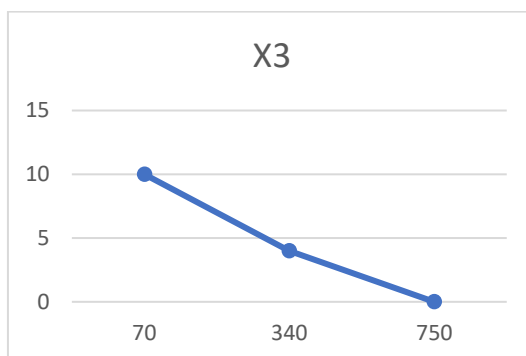


Рисунок 4.4 – Значення параметру X3

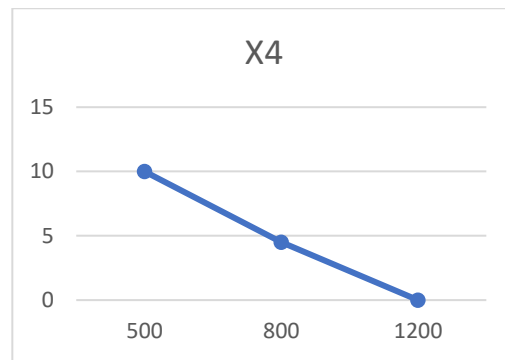


Рисунок 4.5 – Значення параметру X4

Вагомість параметрів оцінюється за допомогою методів попарного зрівняння. Ранги варіюються від 1 до 5. Результати наведені в табл. 4.3 та табл. 4.4.

Таблиця 4.3 – Результати ранжування параметрів

Позначення параметра	Одиниці виміру	Ранг параметра за оцінкою експерта							Сума рангів R_i	Відхилення Δ_i	Δ_i^2
		1	2	3	4	5	6	7			
X1	нс/Оп	1	2	2	1	2	1	1	10	-7.5	56.25
X2	Мб	3	1	1	2	1	2	2	12	-5.5	30.25
X3	мс	2	4	3	3	3	4	3	22	4.5	20.25
X4	кількість рядків коду	4	3	4	4	4	3	4	26	8.5	72.25
Разом		10	10	10	10	10	10	10	70	0	179

За найбільший ранг приймається 1, за найменший – 4.

Таблиця 4.4 – Попарне оцінювання експертів

Параметри	Експерти							Кінцева оцінка	Числове значення
	1	2	3	4	5	6	7		
X1 і X2	>	<	<	>	<	>	>	>	1.5
X1 і X3	>	>	>	>	>	>	>	>	1.5
X1 і X4	>	>	>	>	>	>	>	>	1.5
X2 і X3	<	>	>	>	>	>	>	>	1.5
X2 і X4	>	>	>	>	>	>	>	>	1.5
X3 і X4	>	<	>	>	>	<	>	>	1.5

Визначемо коефіцієнт конкордації:

$$W = \frac{12S}{N^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 179}{7^2(4^3 - 4)} = 0.73 > W_k = 0,67.$$

Так як коефіцієнт конкордації більше нормативного, результати вважають достовірними.

Розрахунок вагомості параметрів наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок вагомості параметрів

Параметри x _i	Параметри x _j				Перша ітерація		Друга ітерація		Третя ітерація	
	1	2	3	4	b _i	K _{bi}	b _i ¹	K _{bi}	b _i ²	K _{bi}
X1	1.0	1.5	1.5	1.5	5.5	0.343	21.25	0.360	77.875	0.361
X2	0.5	1.0	1.5	1.5	4.5	0.281	16.25	0.275	59.125	0.274
X3	0.5	0.5	1.0	1.5	3.5	0.219	12.25	0.208	44.875	0.207
X4	0.5	0.5	0.5	1.0	2.5	0.156	9.25	0.157	34.125	0.158
Всього:					16	1	59	1	216	1

4.3 Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій

Визначасмо рівень якості кожного варіанту виконання основних функцій окремо.

Абсолютні значення параметрів X1(швидкодія мови програмування) та X2(об'єм пам'яті для коректної роботи)відповідають технічним вимогам умов функціонування даного ПП.

Абсолютне значення параметра X3 (час обробки даних алгоритмом) обрано не найгіршим (не максимальним), тобто це значення відповідає або варіанту а) 340 мс або варіанту б) 70 мс.

Коефіцієнт технічного рівня для кожного варіанта реалізації ПП розраховується так (таблиця 4.6):

Таблиця 4.6 – Розрахунок показників рівня якості варіантів реалізації основних функцій ПП

Основні функції	Варіант реалізації	Пара метри	Абсолютн е значення параметра	Бальна оцінка параметра	Коефіцієнт вагомості параметра	Коефіцієнт рівня якості
F1	А	X1	1	10	0.361	3.61
F2	Б	X2	8	10	0.274	2.74
F3	А	X3	70	10	0.207	2.07
		X4	500	10	0.158	1.58
	Б	X3	340	4	0.207	0.828
		X4	900	5	0.158	0.79

Визначасмо рівень якості кожного з варіантів:

$$K_{K1} = 3.61 + 2.74 + 2.07 + 1.58 = 10,$$

$$K_{K2} = 3.61 + 2.74 + 0.828 + 0.79 = 7.968.$$

Як видно з розрахунків, кращим є перший варіант, для якого коефіцієнт технічного рівня має найбільше значення.

4.4 Економічний аналіз варіантів розробки ПП

Всі варіанти включають в себе три окремих завдання:

1. Розробка проекту програмного продукту, за ступенем новизни відноситься до групи Б. За складністю алгоритминалежать до групи 1. $T_P = 64$, $K_{\Pi} = 1.01$, $K_{СК} = 1$, $K_{СТ} = 0.8$.

2. Розробка методів та їхкомбінації, за ступенем новизни відноситься до групи В. За складністю алгоритминалежать до групи 1. $T_P = 43$, $K_{\Pi} = 0.68$, $K_{СК} = 1$, $K_{СТ} = 0.8$.

3. Для варіанту 1 - розробка інтерфейсу з використанням бібліотеки `matplotlib.pyplot`, ступенем новизни відноситься до групи В. За складністю алгоритминалежать до групи 2. $T_P = 19$, $K_{\Pi} = 0.6$, $K_{СК} = 1$, $K_{СТ} = 0.8$.

4. Для варіанту 1 - розробка інтерфейсу з використанням бібліотеки `GTK`, ступенем новизни відноситься до групи Б. За складністю алгоритминалежать до групи 2. $T_P = 27$, $K_{\Pi} = 0.9$, $K_{СК} = 1$, $K_{СТ} = 0.8$.

Для реалізації всіх завдань використовується інформація у вигляді банку даних.

Загальна трудомісткість дорівнює:

$$T_1 = 64 \cdot 1.01 \cdot 1 \cdot 0.8 = 51.71 \text{ людино-днів.}$$

$$T_2 = 43 \cdot 0.68 \cdot 1 \cdot 0.8 = 23.39 \text{ людино-днів.}$$

$$T_{31} = 19 \cdot 0.6 \cdot 1 \cdot 0.8 = 9.12 \text{ людино-днів.}$$

$$T_{32} = 27 \cdot 0.9 \cdot 1 \cdot 0.8 = 19.44 \text{ людино-днів.}$$

Складаємо трудомісткість відповідних завдань для кожного з обраних варіантів реалізації програми, щоб отримати їх трудомісткість:

$$T_I = (51.71 + 23.39 + 9.12) \cdot 8 = 673.76 \text{людино-годин};$$

$$T_{II} = (51.71 + 23.39 + 19.44) \cdot 8 = 756.32 \text{людино-годин}.$$

Найбільшутрудомістким завданням є перше завдання. Варіант I має меншу трудомісткість ніж варіант II.

В розробці беруть участь програміст з окладом 28500 грн. Визначимо зарплату за годину:

$$C_{\text{г}} = \frac{28500}{1 \cdot 21 \cdot 8} = 169.64 \text{ грн.}$$

Тоді розрахуємо заробітну плату:

$$1) \quad C_{\text{зп}} = 169.64 \cdot 673.76 \cdot 1.2 = 137155.97 \text{ грн};$$

$$2) \quad C_{\text{зп}} = 169.64 \cdot 756.32 \cdot 1.2 = 153962.55 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальний внесок становить 22%:

$$1) \quad C_{\text{від}} = C_{\text{зп}} \cdot 0.22 = 137155.97 \cdot 0.22 = 30174.31 \text{ грн};$$

$$2) \quad C_{\text{від}} = C_{\text{зп}} \cdot 0.22 = 153962.55 \cdot 0.22 = 33871.76 \text{ грн.}$$

Так як ЕОМ обслуговує програміста з окладом 28500 грн. з коефіцієнтом зайнятості 0,2 то для двох машини отримаємо:

$$C_{\text{г}} = 12 \cdot 28500 \cdot 0.2 = 68400 \text{ грн.}$$

З урахуванням додаткової заробітної плати:

$$C_{\text{зп}} = C_{\text{г}} \cdot (1 + K_3) = 68400 \cdot (1 + 0.2) = 82080 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальний внесок:

$$C_{\text{ВІД}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0.22 = 82080 \cdot 0.22 = 18057.6 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуємо при амортизації 25% та вартості ЕОМ – 32000 грн.

$$C_A = K_{\text{ТМ}} \cdot K_A \cdot \text{Ц}_{\text{ПР}} = 1.15 \cdot 0.25 \cdot 32000 = 9200 \text{ грн,}$$

Витрати на ремонт та профілактику розраховуємо як:

$$C_P = K_{\text{ТМ}} \cdot \text{Ц}_{\text{ПР}} \cdot K_P = 1.15 \cdot 32000 \cdot 0.05 = 18400 \text{ грн,}$$

Ефективний годинний фонд часу ПК за рік розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{ЕФ}} = (D_K - D_B - D_C - D_P) \cdot t_3 \cdot K_B = (365 - 104 - 8 - 16) \cdot 8 \cdot 0.8 = 1324.8$$

Витрати на оплату електроенергії розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{ЕЛ}} = T_{\text{ЕФ}} \cdot N_C \cdot K_3 \cdot \text{Ц}_{\text{ЕН}} = 1324.8 \cdot 0.3 \cdot 0.2 \cdot 1.75 = 139.10 \text{ грн.}$$

Накладні витрати розраховуємо за формулою:

$$C_H = \text{Ц}_{\text{ПР}} \cdot 0.67 = 32000 \cdot 0.67 = 21440 \text{ грн.}$$

Тоді, річні експлуатаційні витрати розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{ЕКС}} = C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ВІД}} + C_A + C_P + C_{\text{ЕЛ}} + C_H,$$

$$C_{\text{ЕКС}} = 82080 + 18057.6 + 9200 + 18400 + 139.10 + 21440 = 149316.70 \text{ грн.}$$

Собівартість однієї машино-години ЕОМ дорівнюватиме:

$$C_{M-Г} = C_{EKC} / T_{EФ} = 149316.70 / 1324.8 = 112.70 \text{ грн/год.}$$

Витрати на оплату машинного часу:

- 1) $C_M = 112.70 \cdot 673.76 = 75932.75 \text{ грн,}$
- 2) $C_M = 112.70 \cdot 756.32 = 85237.26 \text{ грн}$

Накладні витрати складають 67% від заробітної плати:

- 1) $C_H = 137155.97 \cdot 0,67 = 91894.49 \text{ грн,}$
- 2) $C_H = 153962.55 \cdot 0,67 = 103154.90 \text{ грн.}$

Отже, вартість розробки ПП за варіантами становить:

$$C_{ПП} = C_{ЗП} + C_{ВІД} + C_M + C_H,$$

- 1) $C_{ПП} = 137155.97 + 30174.31 + 75932.75 + 91894.49 = 335157.52 \text{ грн,}$
- 2) $C_{ПП} = 153962.55 + 33871.76 + 85237.26 + 103154.90 = 376226.478 \text{ грн.}$

Розрахуємо коефіцієнт техніко-економічного рівня:

$$K_{TEPj} = K_j / C_{Фj},$$

$$K_{TEP1} = 10 / 335157.52 = 0,29 \cdot 10^{-4},$$

$$K_{TEP2} = 7.968 / 376226.478 = 0,23 \cdot 10^{-4}.$$

Як бачимо, найбільш ефективним є перший варіант реалізації програми з коефіцієнтом техніко-економічного рівня $K_{\text{ТЕР}} = 0,29 \cdot 10^{-4}$.

4.5 Висновки до розділу 4

У даному розділі проведено повний функціонально-вартісний аналіз програмного продукту розробленого в рамках дипломного проекту. Після виконання функціонально-вартісного аналізу програмного продукту, зваживши технічну та економічну складові можна зробити висновок, що перший варіант розробки інтерфейсу за допомогою `matplotlib.pyplot` бібліотеки виявився значно кращім. Він має показник техніко-економічного рівня якості $K_{\text{ТЕР}} = 0,29 \cdot 10^{-4}$.

Отже, варіант реалізації програмного продукту має такі параметри:

- мова програмування – Python;
- реалізувати можливість комбінування індикаторів;
- розробити інтерфейс за допомогою `matplotlib.pyplot` бібліотеки.

ВИСНОВКИ

В даній роботі було досліджено методи технічного аналізу на вільному ринку. Була розроблена система підтримки прийняття рішень, що на основі значень індикаторів прогнозує зміну цін та трендів на ринку і дає поради щодо купівлі або продажу цінних паперів.

У першому розділі дослідили проблематику, умови функціонування вільного ринку, історію розвитку та основні закони й принципи технічного аналізу та сформулювали визначення, спираючись на роботи інших дослідників.

У другому розділі розглянули метод експоненційного ковзного середнього та розібрали принцип роботи індикаторів MACD та RSI. Також дослідили принципи роботи перцептронів та логістичних функцій у нейронних мережах.

У третьому розділі був проведений ряд експериментів з використанням системи підтримки прийняття рішень. Дослідили роботу індикаторів MACD та RSI з різними коефіцієнтами під час економічної кризи 2008 року та під час стабільної економіки в 2018 році. Результати експериментів було проаналізовано та записано в порівняльні таблиці. Для дослідження було обрано данні ціни акцій компанії «Google» з 2004 по 2020 роки. Також було розроблено два нових методи комбінації індикаторів. Перший базується на повторному підтвердженні сигналу індикатора, другий заснований на принципі роботи перцептронів та змішує сигнали обох індикаторів. Другий розроблений метод показав себе краще ніж використання індикаторів окремо.

Програмний продукт написано на мові програмування Python, з використанням бібліотек numpy, pandas, matplotlib, datetime та math.

Подальшим напрямком вдосконалення розробленого програмного продукту є використання нейронних мереж для визначення вагових коефіцієнтів другого розробленого методу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сохацька О.М., Роговська-Іщук І. В., Вінницький С.І. Фундаментальний та технічний аналіз цін товарних та фінансових ринків навчальний посібник. Київ: Кондор, 2012. 157-187, 266-289 с.
2. Investment dictionary, 2014 : [каталог]. — [The United Kingdom: Mercer Limited, 2014]. — 75 p.
3. Мэрфи Д.Д. Технический анализ фьючерсных рынков: Теория и практика. Москва: Сокол, 1996. 30-37, 263-269, 278-280 с.
4. Акелис С.Б. Технический анализ от А до Я. Москва: Альпина паблишер, 1999. 26-31 с.
5. Пальчевич Г.Т., Подплетний В.В. Ринок цінних паперів: Навчальний посібник. Кіровоград: Мавік, 2002. 95 с.
6. Сафонова В. Є. Бобров В. Я. Основи ринкової економіки і підприємництва. Київ: Персонал, 2017. 16-18 с.
7. Булашев С.В. Статистика для трейдеров. Москва: Спутник+, 2003. 155-162 с.
8. Трегуб И. В. Моделирование динамики цены биржевых инструментов на российском фондовом рынке методами технического анализа. Мытищи: МГУЛ, 2005. 167-169 с.
9. Технический анализ: Курс для начинающих. Серия «Reuters для финансистов» / Пер. с англ. — 3-е изд. — М.: Альпина Паблишерз. — 2011. — 172 с.
10. Комлев А. Н. Экономико-математические методы и средства технического анализа при краткосрочном инвестировании в ценные бумаги : дис. канд. : 08.00.13 / Комлев Андрей Николаевич – Москва, 1999. – 111 с.
11. Степанов Л. В. Моделирование конкуренции в условиях рынка. Москва: Российская Академия Естествознания, 2009. 231 с.

12. CD Interest Rate Chart [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.forecast-chart.com/rate-cd-interest.html>

ДОДАТОК А ТЕКСТ ПРОГРАМИ

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.animation as animation
from datetime import timedelta
import math
```

```
# In[2]:
```

```
def get_stock():
    return pd.read_csv("GOOG (1).csv", encoding='latin1')
df = pd.DataFrame(get_stock())
```

```
# In[700]:
```

```
def MACD():
    df['exp1'] = df['Close'].ewm(span=8).mean()
    df['exp2'] = df['Close'].ewm(span=17).mean()
    df['macd'] = df['exp1']-df['exp2']
    df['exp3'] = df['macd'].ewm(span=9).mean()#signal line
    df['delta_macd']=df['macd']-df['exp3']#Histogram
```

```
MACD()
```

```

df['0']=0
df['market']='bear'
for i in range(3950):
    if df['macd'][i]<=0:
        df['market'][i]='bear'
for i in range(3950):
    if df['macd'][i]>0:
        df['market'][i]='bull'

```

```
# In[701]:
```

```

def printMACD(start_date,end_date):
    fig = plt.figure(figsize=(20,4))

    df['Date'] = pd.to_datetime(df['Date'])
    x=df['Date']
    n=pd.to_datetime(start_date)
    m =pd.to_datetime(end_date)
    #    n + timedelta(days=630)
    y=df['Close']
    x=df[(df['Date'] >= n) & (df['Date'] <= m)]

    plt.plot(x['Date'],x['macd'],label = "line 1", color = "blue")
    plt.plot(x['Date'],x['exp3'],label = "line 2", color = "red")
    plt.plot(x['Date'],x['0'],label = "line 3", color = "black")
    plt.plot(x['Date'],x['delta_macd'],label = "line 4", color = "grey")

    plt.gca().fill_between(x['Date'], x['delta_macd'],facecolor='grey', alpha=0.5)

```

```
printMACD('2016-1-1','2017-1-1')
```

```
# In[702]:
```

```
df['macd_sell']=np.NaN
```

```
for i in range(3949):
```

```
    if df['macd'][i]>=0:
```

```
        if df['macd'][i+1]<=0:
```

```
            df['macd_sell'][i+1]=df['Close'][i+1]
```

```
for i in range(3949):
```

```
    if df['macd'][i]>=0:
```

```
        if df['delta_macd'][i]>=0:
```

```
            if df['delta_macd'][i+1]<=0:
```

```
                df['macd_sell'][i+1]=df['Close'][i+1]
```

```
df['macd_buy']=np.NaN
```

```
for i in range(3949):
```

```
    if df['macd'][i]<=0:
```

```
        if df['macd'][i+1]>=0:
```

```
            df['macd_buy'][i+1]=df['Close'][i+1]
```

```
for i in range(3949):
```

```
    if df['macd'][i]<=0:
```

```
        if df['delta_macd'][i]<=0:
```

```

if df['delta_macd'][i+1]>=0:
    df['macd_buy'][i+1]=df['Close'][i+1]

```

```
# In[703]:
```

```

plt.figure(figsize=(10,4))
df['Date'] = pd.to_datetime(df['Date'])
x=df['Date']
n=pd.to_datetime('2007-8-1')
m=pd.to_datetime('2008-8-1')
# m = n + timedelta(days=630)
y=df['Close']
x=df[(df['Date'] >= n) & (df['Date'] <= m)]
plt.plot( x['Date'],x['Close'],'-',color='green')

pd.set_option('display.max_rows', x.shape[0]+1)
pd.set_option('display.max_columns', x.shape[0]+1)
# x.to_excel("outputGOOG1.xlsx") #'2006-8-23','2007-8-23' 742
# print(x)

# suma1=0.0
# suma1=(x['macd_sell'][~pd.isna(x['macd_sell'])] * 10).sum()
# suma2=0.0
# suma2=(x['macd_buy'][~pd.isna(x['macd_buy'])]*10).sum()
# szag=10000-suma2+suma1+x['Close'][3387]*(100+40-100)
# sdoxid=szag-80569.50
# prozent=sdoxid/80569.50

```

```
# print(suma2)
# print(suma1)
# print(szag)
# print(sdoxid)
# print(prozent)
```

```
# In[704]:
```

```
fig = plt.figure(figsize=(20,8))
plt.plot( x['Date'],x['Close'],'-',color='black')
# plt.plot( x['Date'],x['exp1'],'-',color='orange')
# plt.plot( x['Date'],x['exp2'],'-',color='blue')
plt.plot(x['Date'],x['macd_sell'],'o',color='red')
plt.plot(x['Date'],x['macd_buy'],'o',color='green')
# plt.plot(x['Date'][742],x['Close'][742],'o',color='orange')
# plt.plot(x['Date'][995],x['Close'][995],'o',color='orange')
printMACD('2007-8-1','2008-8-1')
```

```
# In[ ]:
```

```
# In[ ]:
```



```
# In[705]:
```

```
def RSI(price, n):
```

```
    delta = price.diff()
```

```
    Upd, Downd = delta.copy(), delta.copy()
```

```
    Upd[Upd < 0] = 0
```

```
    Downd[Downd > 0] = 0
```

```
    RUp = Upd.ewm(span=n).mean()
```

```
    RDown = Downd.ewm(span=n).mean().abs()
```

```
    RS = RUp / RDown
```

```
    rsi= 100.0 - (100.0 / (1.0 + RS))
```

```
    return rsi
```

```
df['RSI'] = RSI(df['Close'],5)
```

```
df['70']=70
```

```
df['30']=30
```

```
# In[706]:
```

```
def printRSI(x):
```

```
    plt.figure(figsize=(20,4))
```

```

plt.plot(x['Date'],x['RSI'],label = "line 1", color = "red")
plt.plot(x['Date'],x['70'],label = "line 2", color = "black")
plt.plot(x['Date'],x['30'],label = "line 3", color = "black")

printRSI(df)

# In[707]:

df['rsi_buy']=np.NaN

for i in range(3949):
    if df['RSI'][i]<=30:
        if df['RSI'][i+1]>=30:
            df['rsi_buy'][i+1]=df['Close'][i+1]

df['rsi_sell']=np.NaN

for i in range(3949):
    if df['RSI'][i]>=70:
        if df['RSI'][i+1]<=70:
            df['rsi_sell'][i+1]=df['Close'][i+1]

# In[708]:

plt.figure(figsize=(10,4))
df['Date'] = pd.to_datetime(df['Date'])

```

```

x=df['Date']
n=pd.to_datetime('2007-8-1')
m=pd.to_datetime('2008-8-1')
# m = n + timedelta(days=630)
y=df['Close']
x=df[(df['Date'] >= n) & (df['Date'] <= m)]
plt.plot( x['Date'],x['Close'],'-',color='green')
# x.to_excel("outputGOOG1.xlsx")

# suma1=0.0
# suma1=(x['rsi_sell'][~pd.isna(x['rsi_sell'])] * 10).sum() #-x['Close'][3360]
# suma2=0.0
# suma2=(x['rsi_buy'][~pd.isna(x['rsi_buy'])]*10).sum() #+ x['Close'][3360]
# szag=10000-suma2+suma1+x['Close'][3387]*(100+0-60)
# sdoxid=szag-80569.50
# prozent=sdoxid/80569.50

# print(suma2)
# print(suma1)
# print(szag)
# print(sdoxid)
# print(prozent)

# In[709]:

fig = plt.figure(figsize=(20,8))
plt.plot( x['Date'],x['Close'],'-',color='black')
# plt.plot( x['Date'],x['exp1'],'-',color='orange')

```

```
# plt.plot( x['Date'],x['exp2'],'-',color='blue')
plt.plot(x['Date'],x['rsi_sell'],'o',color='red')
plt.plot(x['Date'],x['rsi_buy'],'o',color='green')
printRSI(x)
```

```
# In[690]:
```

```
df['f']=0.0
a=0
for i in range(3949):
    if pd.notna(df['macd_buy'])[i]== True:
        a=a+0.5
    if pd.notna(df['macd_sell'])[i]== True:
        a=a-0.5
    if pd.notna(df['rsi_buy'])[i]== True:
        a=a+0.5
    if pd.notna(df['rsi_sell'])[i]== True:
        a=a-0.5
    df['f'][i]=(np.exp(a)-np.exp(-a))/(np.exp(a)+np.exp(-a))
    a=a*0.7

df['f_buy']=np.NaN
for i in range(3950):
    if df['f'][i]>=0.55:
        df['f_buy'][i]=df['Close'][i]

df['f_sell']=np.NaN
for i in range(3950):
```

```

if df['f'][i]<=-0.55:
    df['f_sell'][i]=df['Close'][i]

# df

# In[663]:

plt.figure(figsize=(10,4))
df['Date'] = pd.to_datetime(df['Date'])
x=df['Date']
n=pd.to_datetime('2007-8-1')
m=pd.to_datetime('2008-8-1')
# m = n + timedelta(days=630)
y=df['Close']
x=df[(df['Date'] >= n) & (df['Date'] <= m)]

x
suma1=0.0
suma1=(x['f_sell'][~pd.isna(x['f_sell'])] * 10).sum()
suma2=0.0
suma2=(x['f_buy'][~pd.isna(x['f_buy'])]*10).sum()
szag=10000-suma2+suma1+x['Close'][995]*(50-0+10)
sdoxid=szag-(22775.61)
prozent=sdoxid/(22775.61)

print(suma2)
print(suma1)
print(szag)

```

```

print(sdoxid)
print(prozent)

# z=10000-9482.009+20982.452
# print(z)
# print(x['Close'][995]*(10))

# In[572]:

fig = plt.figure(figsize=(20,8))
plt.plot( x['Date'],x['Close'],'-',color='black')
# plt.plot( x['Date'],x['exp1'],'-',color='orange')
# plt.plot( x['Date'],x['exp2'],'-',color='blue')
plt.plot(x['Date'],x['f_sell'],'o',color='red')
plt.plot(x['Date'],x['f_buy'],'o',color='green')
printMACD('2007-8-1','2008-8-1')
printRSI(x)
figa = plt.figure(figsize=(20,4))
plt.plot(x['Date'],x['f'],'-',color='green')
plt.plot(x['Date'],x['0'],'-',color='black')

# In[20]:

df['f1']=np.NaN
df['b1']=np.NaN
df['b2']=np.NaN

```

```

df['s']=np.NaN
w1=1
w2=1

for i in range(3950):
    if df['RSI'][i]>50:
        df['b1'][i]=-1/(0.1+abs(-df['RSI'][i]+70))

for i in range(3950):
    if df['RSI'][i]<=50:
        df['b1'][i]=1/(0.1+abs(-30+df['RSI'][i]))

for i in range(3950):
    if df['delta_macd'][i]>=0:
        df['b2'][i]=-1/(1+abs(df['delta_macd'][i]))

for i in range(3950):
    if df['delta_macd'][i]<0:
        df['b2'][i]=1/(1+abs(df['delta_macd'][i]))

df['s']=w1*df['b1']+w2*df['b2']

df['f1']=(np.exp(df['s'])-np.exp(-df['s']))/(np.exp(df['s'])+np.exp(-df['s']))

df['f1_buy']=np.NaN
for i in range(3950):
    if df['f1'][i]>=0.7:
        df['f1_buy'][i]=df['Close'][i]

df['f1_sell']=np.NaN

```

```

for i in range(3950):
    if df['f1'][i]<=-0.7:
        df['f1_sell'][i]=df['Close'][i]

# df

# In[22]:

fig = plt.figure(figsize=(20,8))
plt.plot( x['Date'],x['Close'],'-',color='black')
# plt.plot( x['Date'],x['exp1'],'-',color='orange')
# plt.plot( x['Date'],x['exp2'],'-',color='blue')
plt.plot(x['Date'],x['f1_sell'],'o',color='red')
plt.plot(x['Date'],x['f1_buy'],'o',color='green')

figa = plt.figure(figsize=(20,4))
plt.plot(x['Date'],x['f1'],'-',color='green')
plt.plot(x['Date'],x['0'],'-',color='black')

# In[ ]:

# In[713]:

```



```

df['f2']=np.NaN
df['b21']=np.NaN
df['b22']=np.NaN
df['s2']=np.NaN
w1=1
w2=1
# MACD(12,26,9)

for i in range(3950):
    if df['RSI'][i]>=70:
        df['b21'][i]=-1/(0.1+df['RSI'][i]-70)

for i in range(3950):
    if df['RSI'][i]<=30:
        df['b21'][i]=1/(0.1+30-df['RSI'][i])

for i in range(3950):
    if 30<df['RSI'][i]<70:
        df['b21'][i]=0

for i in range(3950):
    if df['macd'][i]>=0:
        if df['delta_macd'][i]>=0:
            df['b22'][i]=-1/(1+df['delta_macd'][i])

for i in range(3950):
    if df['macd'][i]<=0:
        if df['delta_macd'][i]<0:
            df['b22'][i]=1/(1-df['delta_macd'][i])

```

```

for i in range(3950):
    if df['macd'][i]>=0:
        if df['delta_macd'][i]<=0:
            df['b22'][i]=0

for i in range(3950):
    if df['macd'][i]<=0:
        if df['delta_macd'][i]<0:
            df['b22'][i]=0

df['s2']=w1*df['b21']+w2*df['b22']

df['f2']=(np.exp(df['s2'])-np.exp(-df['s2']))/(np.exp(df['s2'])+np.exp(-df['s2']))

df['f2_buy']=np.NaN
for i in range(3950):
    if df['f2'][i]>=0.75:
        df['f2_buy'][i]=df['Close'][i]

df['f2_sell']=np.NaN
for i in range(3950):
    if df['f2'][i]<=-0.75:
        df['f2_sell'][i]=df['Close'][i]

# pd.set_option('display.max_rows', df.shape[0]+1)
# pd.set_option('display.max_columns', df.shape[0]+1)
# df

```

```
# In[716]:
```

```
plt.figure(figsize=(10,4))
df['Date'] = pd.to_datetime(df['Date'])
x=df['Date']
n=pd.to_datetime('2007-8-1')
m=pd.to_datetime('2008-8-1')
# m = n + timedelta(days=630)
y=df['Close']
x=df[(df['Date'] >= n) & (df['Date'] <= m)]

# x
x.to_excel("outputGOOG1.xlsx")

suma1=0.0
suma1=(x['f2_sell'][~pd.isna(x['f2_sell'])] * 10).sum()
suma2=0.0
suma2=(x['f2_buy'][~pd.isna(x['f2_buy'])]*10).sum()
szag=10000-suma2+suma1+x['Close'][995]*(50-50+0)
sdoxid=szag-(22775.61)
prozent=sdoxid/(22775.61)

print(suma2)
print(suma1)
print(szag)
print(sdoxid)
print(prozent)
```

```
# z=10000-9482.009+20982.452
```

```
# print(z)
```

```
# print(x['Close'][995]*(10))
```

```
# In[715]:
```

```
fig = plt.figure(figsize=(20,8))
```

```
plt.plot( x['Date'],x['Close'],'-',color='black')
```

```
# plt.plot( x['Date'],x['exp1'],'-',color='orange')
```

```
# plt.plot( x['Date'],x['exp2'],'-',color='blue')
```

```
plt.plot(x['Date'],x['f2_sell'],'o',color='red')
```

```
plt.plot(x['Date'],x['f2_buy'],'o',color='green')
```

```
printMACD('2007-8-1','2008-8-1')
```

```
printRSI(x)
```

```
figa = plt.figure(figsize=(20,4))
```

```
plt.plot(x['Date'],x['f2'],'-',color='green')
```

```
plt.plot(x['Date'],x['0'],'-',color='black')
```

ДОДАТОК Б ПРЕЗЕНТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Система підтримки прийняття рішень в задачах прогнозування цін на вільному ринку методами технічного аналізу

Виконав: студент IV курсу, групи КА-63

Яремчук Даниїл Євгенович

Керівник:

в.о. завідувача кафедри ММСА ІПСА

КПІ ім. Ігоря Сікорського к.т.н., доц.

Тимощук Оксана Леонідівна

1

- 1) Актуальність обраної теми
- 2) Мета роботи, об'єкт та предмет дослідження
- 3) Фондова біржа, технічний аналіз та його постулати
- 4) Історія становлення технічного аналізу як науки
- 5) Методи технічного аналізу
- 6) Індикатори MACD та RSI
- 7) Розроблені методи комбінації індикаторів
- 8) Експерименти та аналіз результатів
- 9) Висновки

2

Актуальність

- Нестабільність фінансового ринку
- Проблема інвестування
- Передбачення цін на ринку акцій
- ОПР на фондових біржах приймають багато рішень
- Малодосліджена в Україні

3

Мета роботи – розробити систему підтримки прийняття рішень для допомоги особі прийняття рішень у прогнозуванні цін акцій на фондовому ринку для отримання прибутку.

Об’єкт дослідження – дані, ціна акцій компанії «Google» у доларах з 2004 по 2020 роки.

Предмет дослідження – індикатори технічного аналізу MACD та RSI, їх комбінації за допомогою розроблених методів на основі принципів роботи персептронів та логістичної функції.

4

Технічний аналіз — це сукупність графічних, математичних, статистичних та інших методів, які опираючись на наявні дані допомагають прогнозувати майбутній рух цін на вільному ринку.

Вільний ринок містить наступні умови: вільна ринкова ціна, рівні умови учасників, повна прозорість ринку, абсолютна мобільність ресурсів, необмежена кількість учасників, відсутність монополізму, гомогенність товарів.

Фондова біржа — організований ринок цінних паперів, що виконує функцію мобілізації грошових засобів для довгострокових інвестицій в економіку та для фінансування державних програм.

Постулати

- 1) Ринок враховує усе
- 2) Рух підпорядкований тенденціям
- 3) Історія повторюється

5

Історія

I етап — становлення та розвиток графічного методу технічного аналізу.

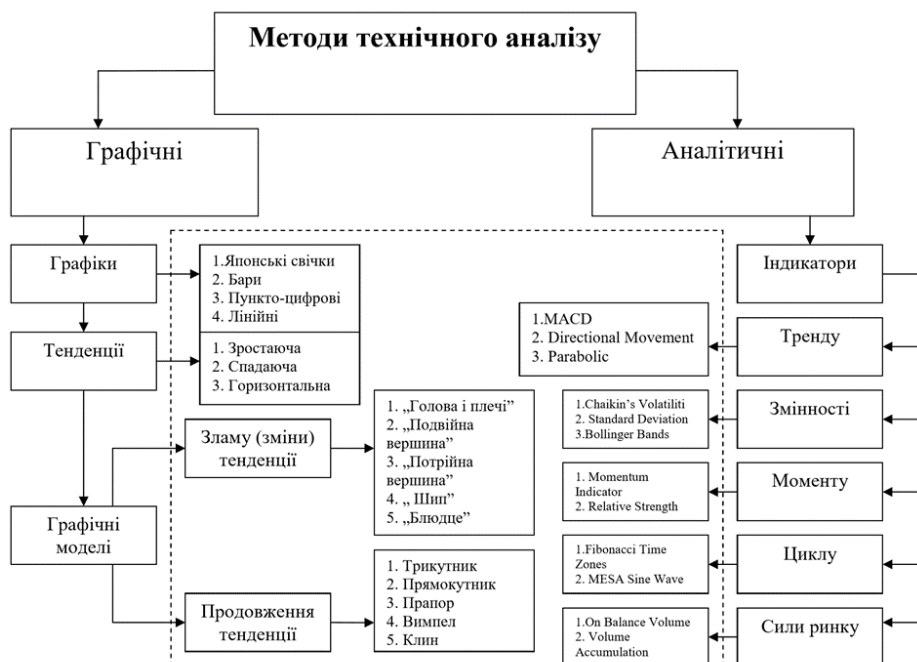
II етап — використання класичного технічного аналізу.

III — математичне обґрунтування руху цін.

IV етап — використання індикаторів, отриманих шляхом математичних розрахунків.

V етап — поява принципово нових підходів.

6



7

MACD

Moving Average Convergence Divergence розроблений Джеральдом Аппелем в 1970 році

3 лінії MACD:

Швидка – різниця між коротким та довгим експоненційними ковзними середніми

Сигнальна – згладжена швидка ковзна середня

Нульова лінія

Сигнал к продаже



Сигнал к покупке



Також індикатор показує зміну тенденції на ринку. Якщо Швидка лінія:

- більше нуля, то тренд «бичий», зростаючий
- менше нуля, то тренд «ведмежий», спадний

Зміна тренду також є сигналом для купівлі, або продажу

8

RSI

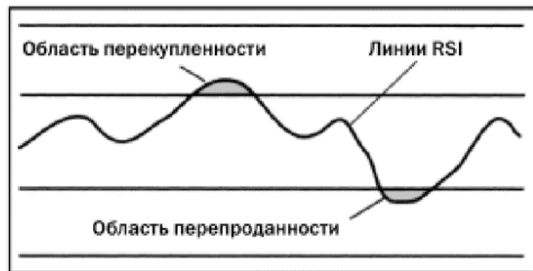
Relative Strength Index розроблений Дж. Уеллсом Уайдером-молодшим у 1978 році.

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS}$$

$$RS = \frac{\text{середня "верхніх цін закриття" за } n \text{ днів}}{\text{середня "нижніх цін закриття" за } n \text{ днів}}$$

Верхня ціна закриття — зміна ціни за два послідовних періоди, в яких ціна зростала.

Нижня ціна закриття — зміна ціни за два послідовних періоди, в яких ціна зменшувалась.



Сигнал до продажу виникає, коли значення індикатору RSI виходить з зони перекупленості.

Сигнал до купівлі виникає, коли значення індикатору RSI виходить з зони перепроданості.

9

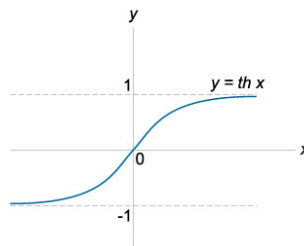
Розроблені методи комбінації індикаторів

Перший метод — метод підтвердження сигналу

$$x_k = 0.7 * (x_{k-1} + b)$$

$$b = \begin{cases} 0.5, \text{ сигнал } MACD \text{ або } RSI - \text{ купувати} \\ -0.5, \text{ сигнал } MACD \text{ або } RSI - \text{ продавати} \\ 0, \text{ сигналів немає} \end{cases}$$

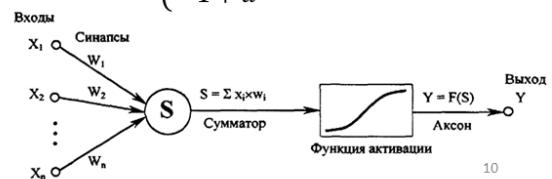
$$f(x) = \tanh(x) = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1}$$



Другий метод — метод змішування сигналу

$$x_1 = \begin{cases} \frac{1}{0.1 + A - RSI}, \text{ якщо } RSI < A \\ -1 \\ \frac{1}{0.1 - B + RSI}, \text{ якщо } RSI > B \\ 0, RSI \in (A, B) \end{cases}$$

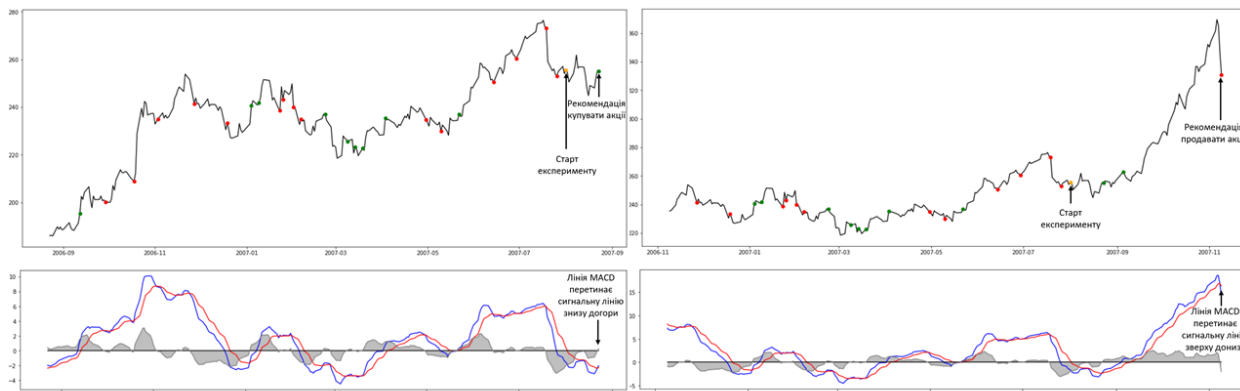
$$x_2 = \begin{cases} \frac{1}{1 - d}, \text{ якщо } MACD > 0 \text{ та } d > 0 \\ -\frac{1}{1 + d}, \text{ якщо } MACD < 0 \text{ та } d < 0 \end{cases}$$



10

Експеримент MACD

ОПР має:
10 000 доларів
50 акцій ціною 255.5122 долари



23.08.2007 перший сигнал — «купувати». Купуємо 10 акцій по ціні 255.1386 доларів. На рахунку особи прийняття рішень залишається 7448.613 доларів та 60 акцій

9.11.2007 третій сигнал — «продавати». Продаємо 10 акцій по ціні 330,7453 доларів. На рахунку особи прийняття рішень залишається 8126.921 доларів та 60 акцій

11

Результати експерименту



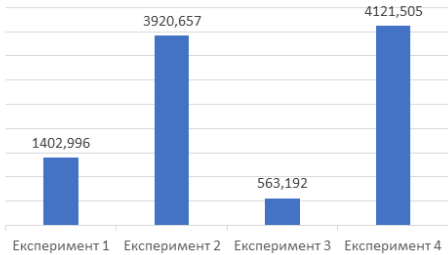
Загальна кількість грошей та ОПР на момент завершення складає 10195.219 доларів та 60 акцій, або якщо перевести в долари – 24178.605 доларів. Отже, загальний прибуток особи прийняття рішень, яка використовувала розроблену систему, за рік склав 6.2%. Це більше, ніж відсоткова ставка по депозитам в банках США 2007-2008 років, яка складала від 3.14% до 5.23%

12

Експерименти з різними коефіцієнтами

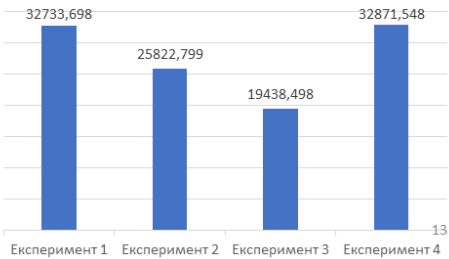
Під час кризи

Експеримент номер	1	2	3	4
Коротке ковзне середнє	12	5	8	18
Довге ковзне середнє	26	35	17	40
Сигнальне ковзне середнє	9	5	9	12
Кількість операцій	11	25	27	10
Кількість купівель акцій	6	12	15	4
Кількість продажів акцій	5	13	12	6
Сума за операції купівлі	15403.264	31883.044	41225.626	10148.012
Сума за операції продажів	15598.483	39257.054	35919.913	17722.870
Прибуток в абсолютних величинах	1402.996	3920.657	563.192	4121.505
Прибуток у відсотках	6.2%	17.2%	2.3%	18%



Під час стабільної, зростаючої економіки

Експеримент номер	1	2	3	4
Коротке ковзне середнє	12	5	8	18
Довге ковзне середнє	26	35	17	40
Сигнальне ковзне середнє	9	5	9	12
Кількість операцій	22	30	35	14
Кількість купівель акцій	8	10	13	4
Кількість продажів акцій	14	20	22	10
Сума за операції купівлі	73087.899	91354.699	127048.10	37642.400
Сума за операції продажів	113303.19	187746.99	205379.09	94375.451
Прибуток в абсолютних величинах	32733.698	25822.799	19438.498	32871.548
Прибуток у відсотках	40.6%	32%	24.1%	40.7%

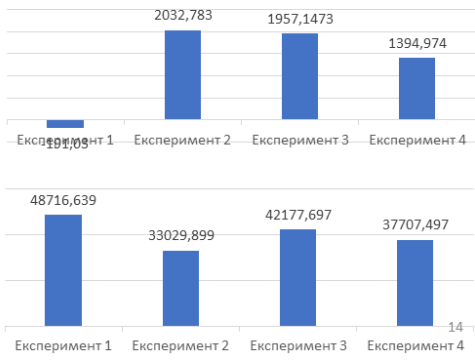


Експерименти RSI

Експеримент номер	1	2	3	4
Ковзне середнє	14	14	5	25
Лінія перепроданості	70	80	70	75
Лінія перекупленості	30	20	30	25
Кількість операцій	20	8	46	6
Кількість купівель акцій	5	0	21	0
Кількість продажів акцій	15	8	25	6
Сума за операції купівлі	37571.230	0	194303.60	0
Сума за операції продажів	156857.36	80245.400	236988.80	61568.999
Прибуток в абсолютних величинах	48716.639	33029.899	42177.697	37707.497
Прибуток у відсотках	60%	40.9%	52.3%	46.8%



Експеримент номер	1	2	3	4
Ковзне середнє	14	14	5	25
Лінія перепроданості	70	80	70	75
Лінія перекупленості	30	20	30	25
Кількість операцій	19	12	35	8
Кількість купівель акцій	13	6	18	4
Кількість продажів акцій	6	6	17	4
Сума за операції купівлі	34463.373	15416.664	47890.245	9807.389
Сума за операції продажів	19081.179	18572.236	50737.124	1232.5152
Прибуток в абсолютних величинах	-191.030	2032.783	1957.1473	1394.974
Прибуток у відсотках	-0.8%	8.9%	8.5%	6.1%



Експерименти з розробленими методами

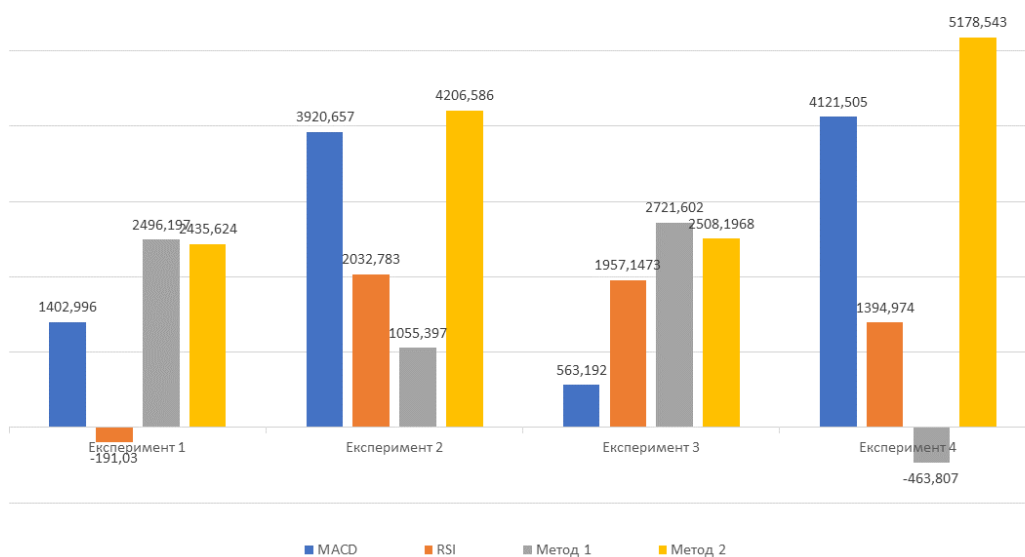
Перший метод



Другий метод



Порівняння методів



Висновки

- Досліджено основні закони та принципи технічного аналізу, його історію й умови функціонування вільного ринку.
- Розроблено два методи комбінації сигналів індикаторів та проведено порівняльну характеристику всіх методів та індикаторів.
- Створено систему підтримки прийняття рішень, в якій реалізовано індикатори технічного аналізу MACD, RSI та розроблені методи комбінації сигналів індикаторів.
- Проведено ряд експериментів під час кризи та стабільної економіки. Проаналізовано вплив різних значень коефіцієнтів на роботу індикаторів. Найкращими коефіцієнтами під час кризи виявились MACD (18, 40, 12) та RSI (14, 80, 20), а під час стабільної економіки – MACD(18, 40, 12) та RSI(14, 70, 30). Кращою комбінацією коефіцієнтів індикаторів для першого розробленого методу виявились MACD(8, 17, 9) та RSI(5, 70, 30). Для другого методу найбільший прибуток показала комбінація MACD(18, 40, 12) та RSI(25, 75, 25). Другий розроблений метод при всіх коефіцієнтах в результаті показав більший прибуток ніж кожний індикатор окремо.
- Наступним вдосконаленням розробленої системи буде використання нейронних мереж для визначення коефіцієнтів індикаторів та вагових коефіцієнтів розроблених методів.

17

Дякую за
увагу!

18